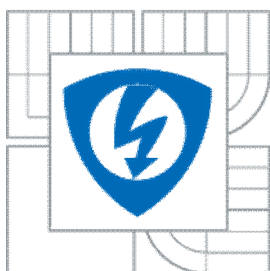


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNologiÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

EKOLOGIE VE SVĚTELNÉ TECHNICE ECOLOGY IN LIGHTING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

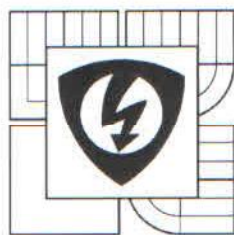
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN ŽPIDLÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL KRBAL, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Jan Špidlík

Ročník: 3

ID: 155245

Akademický rok: 2014/15

NÁZEV TÉMATU:

Ekologie ve světelné technice

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Výroba komponentů pro světelnou techniku, používané materiály.
2. Popis vlivu používaných materiálů na životní prostředí.
3. Náročnost konkrétních světelných zdrojů.
4. Ekodesign komponentů pro světelnou techniku a tvorba universálního popisu, veličin a jednotek pro popis vlivu výroby, použití a postzpracování komponentů pro světelnou techniku.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Termín zadání: 9. 2. 2015

Termín odevzdání: 28.5.2015

Vedoucí práce: Ing. Michal Krbal, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:



doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI, díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

TRPIDLÍK, J. *Ekologie ve světelné technice*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 53 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Michal Krbal, Ph.D..

Poděkování:

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Michalu Krbalovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady během psaní této práce, ale také lidem z řad specialistů Ing. Zuzan Adamcové z firmy EKOLAMP s.r.o. a Mgr. Milošovi Polákovi z firmy RETELA, s.r.o. za poskytnutí odborných informací. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za trpělivost a podporu během celého studia.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

í í í í í í í í í í í

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na seznámení se s ekologií ve sv. telné technice. Jsou zde stručně popsány jednotlivé sv. telné zdroje a chemické látky používané na výrobu komponent. Pro přehlednost je obsah toxické rtuti u každého sv. telného zdroje znázorněn v přehledném obrázku. Práce je také zaměřena na vliv sv. telné techniky v životním prostředí a ovlivnění ekosystému. Popis vlivu rtuti na životní prostředí a člověka, ale také celkový vliv těžby kovů a její devastující následky pro ekosystém. Podrobněji se tato práce zabývá postzpracováním sv. telných zdrojů kolektivními systémy.

KLÍČOVÁ SLOVA: sv. telný zdroj; sv. telná technika; ekologie; rtuť; životní prostředí; ekosystém; postzpracování; kolektivní systém;

ABSTRACT

This bachelor's thesis is focused on introduction to ecology in lighting technology. There are briefly described individual light sources and chemical substance used in the manufacture of components. For clarity is amount of toxic mercury in each light source displayed in well-arranged picture. Thesis is also focused on the influence of lighting technology in the environment and impact on the ecosystem. Closer look is made upon influence of mercury on environment and human life and also overall influence of mining metals and its devastating consequences for ecosystem. This work also deals with post processing of light sources by collective systems.

KEY WORDS: light source; lighting equipment; ecology; mercury; environment; ecosystem; post processing; collective systems;

OBSAH

SEZNAM OBRÁZK	8
SEZNAM TABULEK	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	11
1 ÚVOD	12
2 TYPY SVĚTELNÝCH ZDROJŮ	13
3 SKLADBA SVĚTELNÝCH ZDROJŮ	14
3.1 TEPLOTNÍ ZDROJE	14
3.1.1 KLASICKÉ ŽÁŘIWKY	14
3.1.2 HALOGENOVÉ ŽÁŘIWKY	15
3.1.3 ZÁVĚREČNÉ HODNOCENÍ.....	15
3.2 NÍZKOTLAKÉ VÝBOJOVÉ ZDROJE	16
3.2.1 NÍZKOTLAKÉ SODÍKOVÉ VÝBOJKY.....	16
3.2.2 LINEÁRNÍ ŽÁŘIWKY	17
3.2.3 KOMPAKTNÍ ŽÁŘIWKY	18
3.2.4 INDUKČNÍ VÝBOJKY	19
3.3 VYSOKOTLAKÉ VÝBOJOVÉ ZDROJE	19
3.3.1 VYSOKOTLAKÉ SODÍKOVÉ VÝBOJKY	19
3.3.2 HALOGENIDOVÉ VÝBOJKY.....	21
3.3.3 RTUŽOVÉ VÝBOJKY.....	21
3.3.4 XENONOVÉ VÝBOJKY	23
3.4 ELEKTROLUMINISČNÍ SVĚTELNÉ ZDROJE	24
4 POUŽÍVANÉ LÁTKY VE SVĚTELNÝCH ZDROJÍCH	26
4.1 KOVY	26
4.1.1 WOLFRAM.....	26
4.1.2 MOLYBDEN	26
4.1.3 HLINÍK	26
4.1.4 ŽELEZO	27
4.1.5 MOSAZ.....	27
4.1.6 KADMIUM	29
4.1.7 SODÍK	30
4.1.8 RTUŽ	30
4.1.9 INDIUM	31
4.1.10 GALLIUM	31
4.1.11 NIKL	31
4.1.12 NIOB	32
4.1.13 ARSEN.....	32
4.2 VZÁCNÉ PLYNY	32

4.3 SKLO	33
4.4 KERAMIKA	33
4.5 HALOGENY.....	33
4.6 VZÁCNÉ ZEMINY	33
4.6.1 SKANDIUM	34
4.6.2 YTTRIUM	34
4.7 THORIUM	34
4.8 BARYUM.....	34
4.9 NEBEZPEČNOST POUŽITÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK.....	34
5 VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	37
5.1 DOPADY TĚŽKÝCH KOVŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	37
5.2 EKOLOGICKÁ ZÁVADNOST RTUTI.....	37
5.3 VLIV RTUTI NA LIDSKÉ ZDRAVÍ.....	38
5.4 SNIŽOVÁNÍ RTUTI VE SVĚTOVÝCH ZDROJÍCH.....	38
5.5 SPLETITÁ VÝROBA LED.....	38
5.6 VLIV OXIDŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	39
5.7 EMISE Z ELEKTRÁREN	39
5.7.1 OXIDY SÍRY	40
5.7.2 OXIDY DUSÍKU	40
5.7.3 OXIDY UHLÍKU	40
5.7.4 POPEL	41
5.7.5 VLIV SVĚTOVÝCH ZDROJŮ NA PRODUKCI EMISÍ.....	42
6 POSTZPRACOVÁNÍ SVĚTOVÝCH ZDROJŮ	44
6.1 OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ PŘED SVĚTOVÝMI ZDROJI.....	44
6.2 POSTZPRACOVÁNÍ SVĚTOVÝCH ZDROJŮ	45
7 ZÁVĚR.....	49
POUŽITÁ LITERATURA	50

SEZNAM OBRÁZK

<i>Obr. 1: Základní schéma d lení elektrických zdroj sv tla.....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 2: Komponentní popis flárovky.....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 3: Komponentní slofení nízkotlaké sodíkové výbojky.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 4: Komponentní slofení lineární zá ivky.....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 5: Obsah rtuti v lineárních zá ivkách v roce 2008</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 6: Obsah rtuti v kompaktních zá ivkách v roce 2008</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 7: Komponentní slofení kompaktní zá ivky</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 8: Komponentní slofení vysokotlaké sodíkové výbojky.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 9: Obsah rtuti ve vysokotlakých sodíkových výbojkách v roce 2008</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 10: Obsah rtuti v halogenidových výbojkách v roce 2008</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 11: Obsah rtuti v halogenidových výbojk. s keramickým ho ákem v roce 2008</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 12: Komponentní slofení vysokotlaké rtu ové výbojky.....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 13: Obsah rtuti ve rtu ových výbojkách v roce 2008</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 14: Obsah rtuti ve rtu ových výboj. s krátkým obloukem v roce 2008</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 15: Obsah rtuti ve rtu ových kapilárních výbojkách v roce 2008</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 16: Obsah rtuti ve rtu -xenonových výbojkách v roce 2008</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 17: Komponentní slofení LED flárovky</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 18: Místo katastrofy v Ma arsku v den havárie</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 19: Místo katastrofy v Ma arsku rok po havárii</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 20: Obsah m di v p d (mg/kg Cu) v Evrop podle Google Earth</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 21: Obsah zinku v p d (mg/kg Zn) v Evrop podle Google Earth</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 22: Obsah kadmia v p d (mg/kg Cd) v Evrop podle Google Earth</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 23: Obsah rum lky v p d (mg/kg Hg) v Evrop podle Google Earth</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 24: Obsah arsenu v p d (mg/kg As) v Evrop podle Google Earth</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 25: Vybraná grafická bezpe nostní ozna ení nebezpe ných chemických látek</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 26: Emise CO, NO₂ a SO₂ v R podle údaj EMEP.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 27: Emise rtuti ve sv t v roce 2010 [g/kg]</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 28: Mnofstevní podíl sv telných zdroj na produkci emisí do ovzdu-í za 5 h jejích funkce .</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 29: Klasický obal LED flárovky</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 30: Obal LED flárovky s výstražným ozna ením</i>	<i>44</i>

<i>Obr. 31: Hmotnostní množství EEZ uvedeného na trh</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 32: Hmotnostní množství zpracované odebraného EEZ</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 33: Množství zpracované odebraných světelných zdrojů v daném roce určité společnosti</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 34: Složení zpracovaných světelných zdrojů v roce 2013 firmy REMA Systém, a.s.</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 35: Materiálové využití společnosti EKOLAMP s.r.o.</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 36: Srovnání materiálového využití společnosti EKOLAMP a RETELA</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 37: Množství zdrojů uvedených na trh a zpracované odebraných společnosti EKOLAMP</i>	<i>48</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab 1: Obsah vzácných plynů ve vzduchu</i>	<i>33</i>
<i>Tab 2: R-věty nebezpečných chemických látek použitých ve svítelných zdrojích</i>	<i>36</i>
<i>Tab 3: Emise z elektráren společnosti EEZ pro rok 2013.....</i>	<i>42</i>
<i>Tab 4: Odpadové skupiny EEZ</i>	<i>45</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

<i>R_a</i>	Index barevného podání
<i>OH</i>	Hydroxyl
<i>LEP</i>	Light emitting plasma
<i>LED</i>	Light emitting diode
<i>RGB</i>	red ó green ó blue
<i>EU</i>	Evropská unie
<i>EEZ</i>	Elektrická a elektronická za ízení

1 ÚVOD

Samotný vynález žárovky lze považovat za jeden z nejdůležitějších vynálezů novodobé historie, bez kterých bychom se asi v dnešní době jen těžko obešli. Jen si představte, že by ulice v noci nebyly vůbec osvětleny pouličními lampami, při dnešním provozu městskými ulicemi je tak ka nepředstavitelné. Na osvětlení vnitřních prostor si moderní populace tak zvykla, že se chodí do práce na těsněné provozy a u staveb nových závodů se ani okna už nemontují. Tímto vzniká jev závislost člověka na světelných zdrojích.

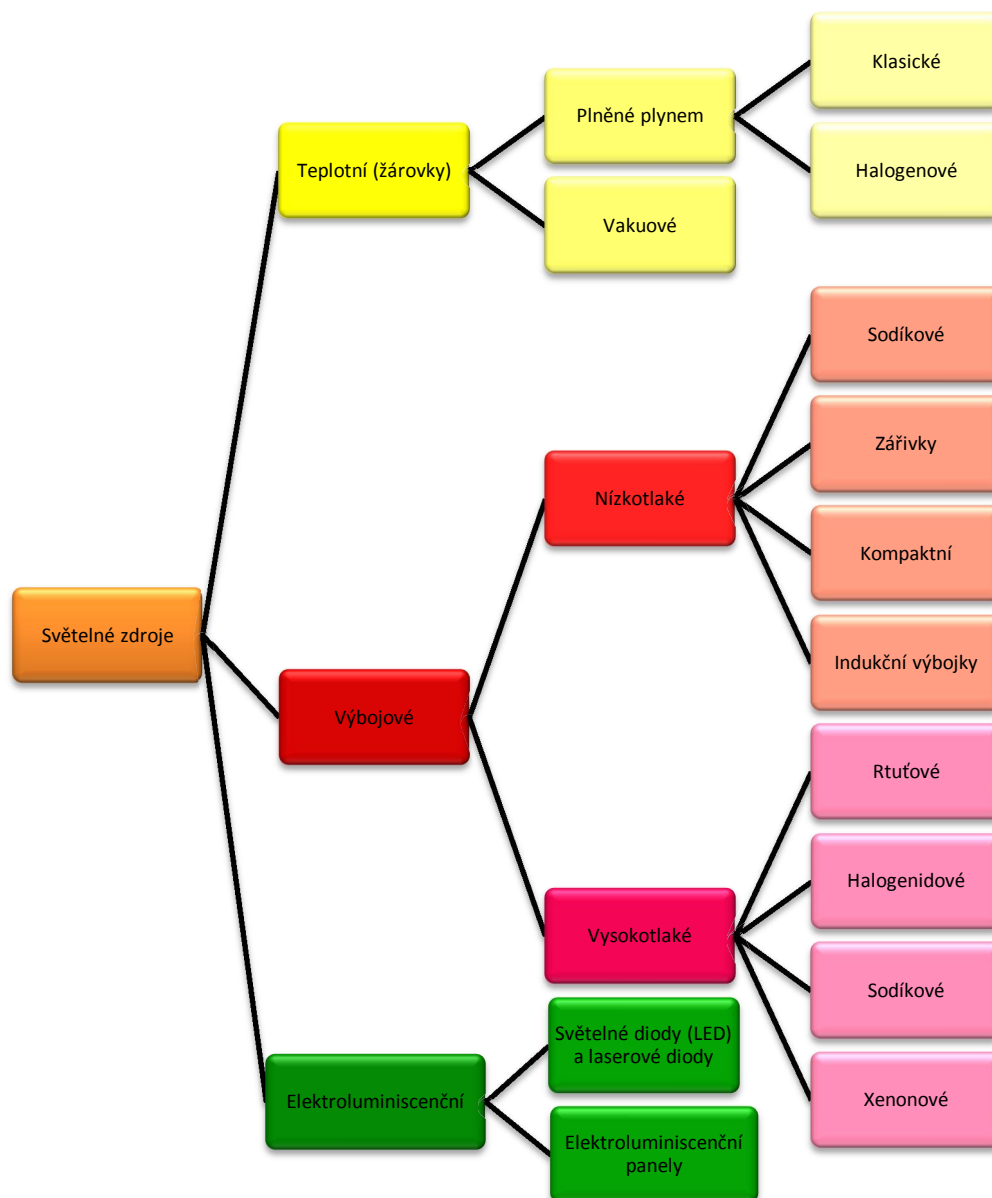
V současné době se světelné zdroje rozvíjí raketovou rychlostí. Důvodem je snižování spotřeby elektrické energie a nároky spotřebitelů na vyšší světelný výkon žárovky i zářivky. S raketovým vzestupem se také zapomíná na náklady, které celkem podstatné jsou, když se na ně ani nehledí a vůbec se neevidují. Neakceptací problémů vznikajících výrobou, znečištěním nebo zneškodněním světelných zdrojů nejvíce trpí naše ovzduší, ale také fauna a flóra.

Pro bychom si mohli sami ničit svoje zdraví, když nemusíme. Samozřejmě je toto také způsobeno novelami a zákony v samotném státě, kde se provádí těžba a zneškodnění samotné zářivky. Těžbou mnoha vzácných kovů unikají do ovzduší škodlivé plyny, a uvolnění z těžebního materiálu nebo ze strojů, které těžbu provádí, třeba i oleje nebo zplodiny. Sice v dnešní době máme spousty různých druhů filtrů pro zachycení popílku a regulaci zplodin, ale jestliže je poptávka po čisto nejvíce zájmem výroby, tak se tyto filtry příliš nepoužívají.

V dnešní době se ani neevidují, kde se budou těžřit vzácné kovy. Neohlídí se nad tím, jestli vykáčeno kolik hektarů lesa a zničí tím útočiště pro kolika živočichů a organismů nebo i vyhubí živočišný i rostlinný druh.

2 T ÍD NÍ SV TELNÝCH ZDROJ

Sv telné zdroje se d ílí zásadn ě podle vzniku sv tla. D ílí se do základních t ěch skupin, a to na teplotní, výbojové a sv telné diody.



Obr. 1: Základní schéma d ělení elektrických zdroj ů sv tla

V teplotních zdrojích dochází pr chodem elektrického proudu k zá ení vodivých látek na vysokou teplotu, p í které ástice nabírají pot ebnou budící energii k optickému zá ení.

Ve výbojových sv telných zdrojích dochází pr chodem elektrického proudu k výboj m v plynech a parách kov ů. Optické zá ení vzniká srážkami atom ů s plyny, kdy atomy získaly kinetickou energii z elektrické.

Sv telné diody (LED) využívaly energie ze samovolného návratu elektron ů z vybuzeného energetického stavu do základního ve form ě foton ů.

3 SKLADBA SV TELNÝCH ZDROJ

Tato kapitola popisuje fyzikální a chemické složení nejpoužívanějších sv telných zdrojů. U každého zdroje jsou stručně popsány jeho vlastnosti a nejzákladnější parametry, u kterých je lehce naznačeno i jejich funkční princip. Jsou zde i uvedeny příklady jejich použití v praxi.

3.1 Teplotní zdroje

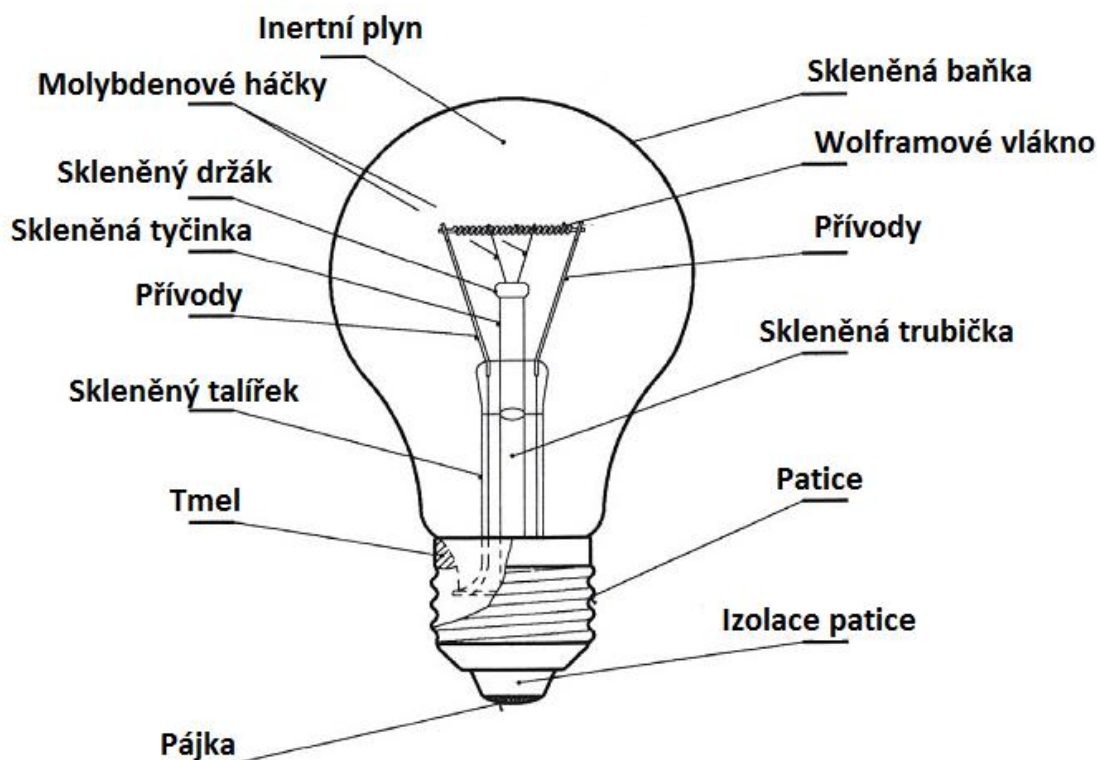
Teplotní sv telné zdroje se vyznačují svou jednoduchostí a nízkou cenou, ale také velmi nízkou účinností přeměny elektrické energie na světelnou.

3.1.1 Klasické žárovky

Obvyklé žárovky mají jednoduchou konstrukci, malé rozměry a malou hmotnost. To je výhodou především při destrukci samotného zdroje světla. Žárovky jsou v dnešní době vyráběny automaticky, proto mají velmi nízkou pořizovací cenu, jejich cena se pohybuje běžně do 20 Kč. Prodávají se v široké škále výkonů a napětí. Při zapnutí žárovky se ihned rozsvítí a nedochází k prodávám. Po celou dobu své životnosti je intenzita osvětlení stabilní. Mají spojitě spektrum a index podání barev $R_a = 100$. Nevýhodou těchto sv telných zdrojů je jejich malá životnost, která se pohybuje od 1000 do 3000 hodin, život končí především přehřátím wolframového vlákna. Žárovky mají nízký měrný výkon. To je argument, proč jsou velmi závislé na stabilitě napájecího napětí ze sítě, protože změnou napětí o 1 % se změní měrný výkon o 3,6 % [1].

Klasické žárovky se převážně používají v místnostech, kde se svítí krátce, dále vodem je vysoká spotřeba elektrické energie. Z principu žárovky plyne, že asi 95 % energie se převádí na teplo, které je odváděno v oblasti infračerveného spektra. A jen zbylých 5 % je přeměněno na světlo. V tomto vidle dle omezování výroby žárovek Evropská komise. Přesto jsou klasické žárovky u lidí stále velmi populární a spousta z nich má nakoupené zásoby do budoucna [2].

Jestliže se podíváme na klasické žárovky z pohledu ekologického, tak v sobě neobsahují toxické látky. Většina z látek není škodlivá pro životní prostředí a mohou se tak tyto žárovky běžně vyhazovat do směsného odpadu. Na obrázku 2 je znázorněno složení klasické žárovky, kde je jasné patrné, že skladbu obvyklých žárovek tvoří převážně sklo, v zbylé části pak tvoří nezávadný kovový materiál.



Obr. 2: Komponentní popis žárovky [3]

3.1.2 Halogenové žárovky

Halogenové žárovky pracují na podobném principu jako klasické žárovky. V ba ce je wolframové vlákno, kterým prochází proud a jeho rozzá ením tak vzniká sv tlo. Zárove mají díky vyší teplotě vyší stabilní sv telný tok než klasické [1],[4].

Halogenové žárovky mají lepší ú innost než klasické žárovky. Výrobci ji zvyšují například speciálním geometrickým tvarem ba ky. Ba ka je navíc pokryta selektivním filtrem (IRC), který odráží infra červené (tepelné) zá ení zp t na vlákno. Cílem je zvýšit m rný výkon žárovek. Halogenové žárovky mají až o 26 lmW^{-1} (asi až o 35 %) vyšší m rný výkon než klasické žárovky. Velkým rizikem je, že se tímto zahívá k emenné sklo v blízkosti wolframového vlákna na velmi vysoké teploty, dosahující až hodnot blížících se 300°C . Proto zde hrozí nebezpečí popálení a rozbití žárovky [1],[4].

Konstrukci mají podobnou jako klasické žárovky, jen jsou ba ky plněny plyny s prvky halogen , především krypton a xenon, nebo jejich slou eniny, ale také kryptonem s metyljodidem nebo metylbromidem. Cílem této výplně, oproti klasickým žárovkám, je snížit odpa ování wolframu z rozflhaveného vlákna a prodloužit jejich životnost.

3.1.3 Záv re né hodnocení

O tepelných sv telných zdrojích lze říci, že nep edstavují zvýšené riziko pro životní prostředí. Ob žárovky se mohou odhazovat do běžného sm ňého odpadu. Plyny, které jsou

obsaženy v flárovkách, se považují za nete né a wolframové vlákno v flárovkách neválí ani jeden gram. Problémem wolframového vlákna je jeho obtílná výroba a jeho k ehkost.

Z ekologického hlediska mají tyto flárovky velmi malou ú innost a vytvá ejí p íli–tepla, neflí vyza ují sv tlo. Nízká ú innost tak klade vy–í nároky na výrobu elektrické energie. V na–í zemi to je p edev–ím zvý–ení výroby v uhelných elektrárnách, kde je spalováno nekvalitní hn dé uhlí. P í spalování dochází k úniku síry, kterou ufl dokáflme zachycovat, ale dále nám uniká do ovzdu–í velké množství t flkých kov , v etn rtuti a kadmia. Popílkem se zvyšuje radia ní pozadí, kde je obsažen uran a thorium.

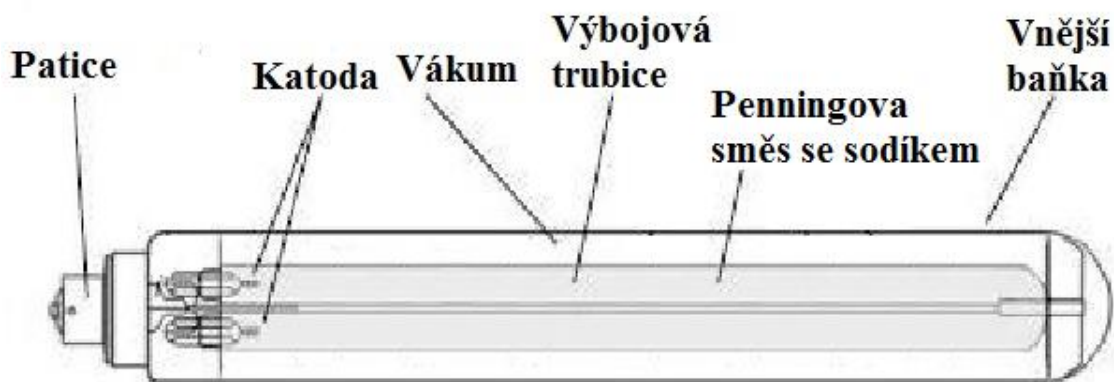
3.2 Nízkotlaké výbojové zdroje

Nízkotlaké výbojové zdroje mají vy–í ú innost oproti tepelným a to je hlavní p í ina, flé je postupn vytla ují. Ale bohuflel nejsou ufl tak nezávadné pro flivotní prost edí. Ve v–ech zdrojích uvedených v této kategorii, mimo nízkotlakou sodíkovou výbojku, je obsažena rtu .

3.2.1 Nízkotlaké sodíkové výbojky

U nízkotlakých sodíkových výbojek vzniká primární výboj v trubici z boritého skla. Sv tlo je zde vyza ováno sodíkovými parami o tlaku 0,5 Pa p í teplot cca 300 °C. Sodík se vyzna uje monochromatickým zá ením ve fluté ásti viditelného spektra v pásmu vlnových délek 589 a 589,6 nm. Ve sv tle nízkotlakých sodíkových výbojek není možné rozli–ovat barvy ($R_a = 0$). Jejich velmi vysoký m rný výkon dosahujících hodnot afl 200 lmW⁻¹, tyto výbojky mezi nejú inn j–í um lé zdroje sv tla. flivotnost výbojky je afl 24 000 hodin [1].

Nízkotlaká sodíková výbojka se skládá ze dvou trubic. Vnit ní trubice je pln na argonem a neonem (tzv. Penningovou sm sí). P í rozb hu je samotný sodík v kovové podob . Trubice je pokryta oxidem india pro udržení teploty ho áku. Oxid dob e propou–tí sv tlo, ale zp t odráflí infra červené zá ení. Ve vn j–í trubici je vakuum, které je udržováno pomocí baryového getru napa eného na vnit ní st nu. Patice je nej ast ji mosazná nebo z niklu [5].



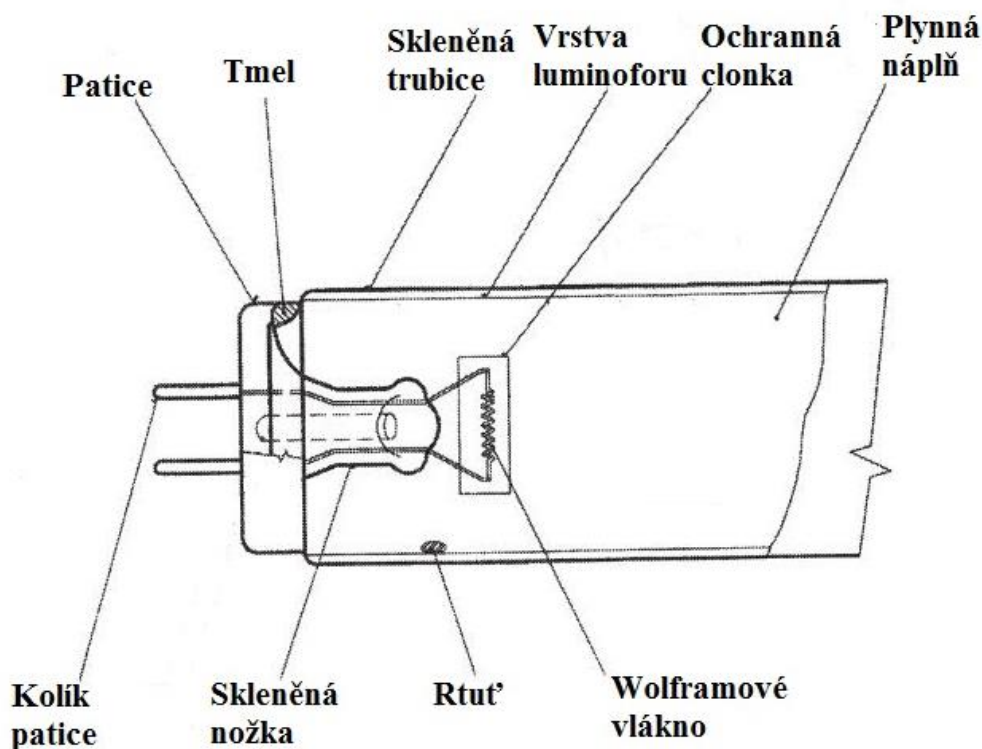
Obr. 3: Komponentní složení nízkotlaké sodíkové výbojky [6]

Hlavním využitím nízkotlakých sodíkových výbojek je osv tlení silnic a dálnic, z ásti osv tlení tunel , speciální technologické anebo dekora ní osv tlení. Výhodou t chto výbojek je, flé neobsahují rtu . V–echny sloflky výbojky jsou k flivotnímu prost edí –etrné. P esto s nimi musíme nakládat jako s ostatními nízkotlakými výbojkami.

3.2.2 Lineární zářivky

Výboj v lineárních zářivkách probíhá v nasycených parách rtuti při tlaku asi 0,8 Pa a teplotě 42 °C. Dále probíhá v inertním plynu, především argonu nebo jeho směsích s kryptonem. Zářivky dosahují vysokého měrného výkonu, až 104 lmW^{-1} . Index podání barev je v rozmezí 60 až 98. Jejich životnost je 10 000 až 24 000 dle druhu předadníku. U speciálních zářivek je životnost až 75 000 h, ale u všech zářivek je velmi ovlivněna častým zapínáním. Zářivka dosáhne jmenovitého výkonu po několika vtečinách, zato klasická žárovka tak dlouho [1].

Lineární zářivka je tvořena skleněnou trubicí. Na vnitřní straně trubice je nanesena vrstva luminoforu. Uvnitř je plyn argon nebo směs argonu s kryptonem a k nim je přidáno jen malé množství rtuti. Rtu vkládá výrobce do trubice v uzavřené kapsli, po dokončení zářivky se rtu z kapsle uvolní laserem nebo působením elektromagnetického pole. Na koncích trubice je wolframové vlákno, na které je nanesena emisní hmota. Okolo elektrod je ochranná clonka, která zabráňuje usazování emisí na luminofor. Konec pak uzavírá kovová patice, která je přitmelena k trubicí [7].



Obr. 4: Komponentní složení lineární zářivky [8]

Výrobci lineárních zářivek se snaží snižovat množství rtuti v zářivce. K tomuto kroku je vedou přesné zákony. Chrání tím tak životní prostředí při výrobě i samotné její recyklaci. Dalším krokem jak snížit životní prostředí, je doplnění zářivky o bezpečnostní fólii, která při její destrukci zachytí amalgám i stěpy. Lineární zářivky jsou velmi používány v domácnostech, ale také v dílnách, velkých skladech a supermarketech. Velké využití je způsobeno velkým měrným výkonem a kvalitou světla [7].

12 %	1 - 5 mg
49 %	5 - 10 mg
27 %	10 - 50 mg
12 %	50 - 100 mg

Obr. 5: Obsah rtuti v lineárních zá ivkách v roce 2008 [9]

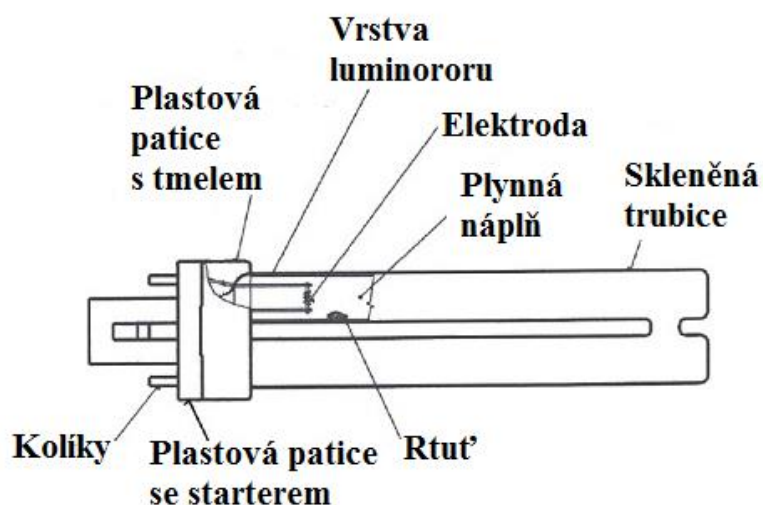
66 %	1 - 5 mg
30 %	5 - 10 mg
4 %	10 - 50 mg

Obr. 6: Obsah rtuti v kompaktních zá ivkách v roce 2008 [9]

3.2.3 Kompaktní zá ivky

Kompaktní zá ivky fungují na stejný princip jako lineární zá ivky, jen jsou jinak vytvarované pro jejich lepší kompaktnost. Kompaktní zá ivky jsou hlavním sv telným zdrojem, které p ebírají místo po klasických flárovkách. Vedl je k tomu p edevším cca p tinasobn vyší m rný výkon než u flárovek, ale také i p ijetelná po izovací cena a až dvacetkrát delší doba flivota. Index podání barev je vyší než 80, u speciálních typ ů p es 90 [1].

Kompaktní zá ivky pracují na stejné bázi jako lineární. Hlavní ást tvo í sklen ěná trubi ka, ve které jsou páry rtuti a p idaného vzácného plynu, nap íklad argonu. Hlavní ást sv tla je vyza ována vrstvou luminoforu na vnit ní stran ě trubi ky, které se p í výboji vybudí ultrafialovým zá ením [10].



Obr. 7: Komponentní složení kompaktní zá ivky [11]

Kompaktní zářivky jsou velmi oblíbené především pro jejich nízkou spotřebu elektrické energie. Velcí výrobci se velmi snaží, aby se světelné parametry vyrovnaly ke klasické žárovce. Snaží se snížit náklady na výrobu, aby jejich cena byla co nejnižší. Výrobce tlačí také normy snížit množství rtuti v trubicích na nejnižší možnou úroveň, zatímco množství rtuti pohybuje například v rozmezí od 1,5 až 2 mg, ale množství rtuti lze ještě snížit až pod 0,5 mg [10].

3.2.4 Indukční výbojky

Indukční výbojky jsou obdobou předchozích zářivek. Výboj opět vzniká v parách rtuti, ale tentokrát nemají elektrody, ale k zapálení výboje je využíváno vysokofrekvenční elektromagnetické pole způsobené cívkou. Indukční výbojky se vyznačují dlouhou životností, cca 60 000 h. U výbojky téměř neklesá světelný výkon po dobu života a má vysoký průměrný výkon, až 93 lmW^{-1} . Mají vyšší barevné podání než 80 [1].

Funkční princip je podobný jako u zářivek. Ve skleněné trubici vzniká výboj, který je následně přenesen zářením na vrstvu luminoforu. Jsou dva typy zapálení výboje. Prvním je použití pouze jedné cívky, která je vložena přímo do bažky (typ QL). Druhým typem je použití dvou cívek, které jsou na uzavřené trubici ve tvaru obdélníku naproti sobě (typ Endura). Vysokofrekvenční generátor dodá cívkám frekvenční signál a vlivem magnetické indukce vznikne výboj [12].

Indukční výbojky pro jejich extrémně dlouhý život se například používají do speciálních prostor s vysokou náročností na výmnu světelného zdroje, jako jsou například tunely, mosty a velké haly. Výbojky jsou rozměrově náročnější než předchozí zářivky, především typ Endura. Poizovací cena je také velmi vysoká, dosahuje až tisíc korun [12].

3.3 Vysokotlaké výbojové zdroje

Vysokotlaké výbojové zdroje našly svoje uplatnění v osvětlování komunikací, sportovních, různých průmyslových prostor apod. S jejich velkým obsahem rtuti mohou být, například, bezpečné pro životní prostředí.

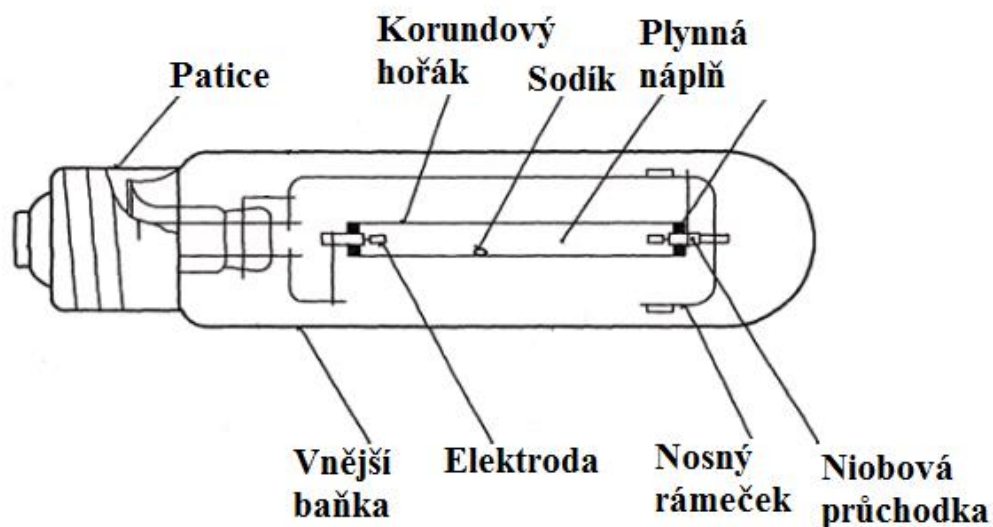
3.3.1 Vysokotlaké sodíkové výbojky

Pracují na stejný způsob jako nízkotlaké sodíkové výbojky. Snížením obsahu výbojového prostoru dosahují vyšších tlaků par sodíku. Při cca 10 kPa dosahuje výbojka asi 60 % průměrného výkonu (150 lmW^{-1}) nízkotlaké sodíkové výbojky. Se zvyšováním tlaku průměrný výkon klesá, ale dosahujeme vyšší hodnoty indexu podání barev, ve výjimečných případech až 85. Výbojky velkých výrobců se šlifuji až 30 000 h. Příznakem konce životnosti je její optické zhasínání [1],[13].

Výbojový prostor u výbojky je vyroben z polykrystalického nebo monokrystalického korundu, boritého skla je při tak vysokém tlaku nepoužitelné. Uvnitř ho obklopuje rtuť se sodíkem společně s inertním plynem, nejčastěji je použit xenon. Na obou koncích trubice jsou proudové průchody. Dlehlitou součástí je speciální pájka, která obě části spojuje a má velký vliv na životnost výbojky. Průchodka je nejčastěji vyrobena z niobu, který nejlépe vyhovuje zejména ve

světelném zdroji. K niobové části je připevněna wolframová elektroda. Celý komponent uzavírá baňka a klasická patice [13].

Výbojka plněná xenonem si vyžaduje velmi vysoké startovací napětí v řádech jednotek kV., proto se často používá směs tvořená xenonem s argonem. Tato směs umožňuje provést výboj při sobějším sílovém napětí. Při použití směsi se nám sníží o čtvrtinu maximální výkon než u samotného xenonu [13].



Obr. 8: Komponentní složení vysokotlaké sodíkové výbojky [14]

Vysokotlaké sodíkové výbojky mají velké uplatnění ve veřejném osvětlení. Zasloužily si to především velkou energetickou úsporností. Na osvětlení se používají výbojky nízkých výkonů, v obcích 50 až 70 W, ve městech do 150 W a s výšivými výkony se používají pro osvětlení skladových prostor, fasád budov, velkých komunikací, apod [1].

97 %	10 -50 mg
3 %	>50 mg

Obr. 9: Obsah rtuti ve vysokotlakových sodíkových výbojkách v roce 2008 [9]

3.3.2 Halogenidové výbojky

Světlo z halogenidových výbojek vzniká převážně zářením par rtuti, případně vzácných plynů, ale v drtivé míře zářením produktů halogenidů (90 %). Jsou to sloučeniny halogenů, například s galiem, sodíkem, thaliem, indiem, lithiem a jiné další prvky, které dovedou v různých kombinacích zajišťovat velmi dobré barevné osvětlení. Index podání barev tak dosahuje až hodnoty 90 a maximální výkon až 130 lmW^{-1} . Životnost těchto výbojek je až 15 000 h [1].

Halogenidová výbojka má výbojovou trubici ze speciálního druhu křemenného skla (charakterizuje se obsahem skupin OH^- méně než 1 ppm). V hroty jsou zatavené wolframové elektrody pokryté emisní hmotou na bázi oxidu thoria nebo yttria. Hroty jsou vyplněny mimo rtuti a halogenidů, inertním plynem, převážně argonem nebo směsí argonu a neonu, nebo také xenonem pro zkrácení doby náběhu. Hroty jsou obklopeny výbojkou z borosilikátového skla. Halogenidové výbojky jsou vybaveny křemenným hrotem [15].

Halogenidové výbojky mají vyšší pořizovací cenu, proto se používají jen v místech, kde je zapotřebí lepší podání barev. Přede vším to jsou místa, s častým nebo neustálým pohybem osob, jakými jsou například sportoviště, výstaviště, příměstské, ale také i dopravní komunikace. Snižováním výkonem se používají v menších vnitřních prostorách. Tyto výbojky mají velice dlouhý náběh na nominální parametry cca 3 minuty a dlouhou dobu znovuzapálení kolem 12 minut [15].

25 %	10 -50 mg
40 %	50 - 100 mg
35 %	100-1000 mg

Obr. 10: Obsah rtuti v halogenidových výbojkách v roce 2008 [9]

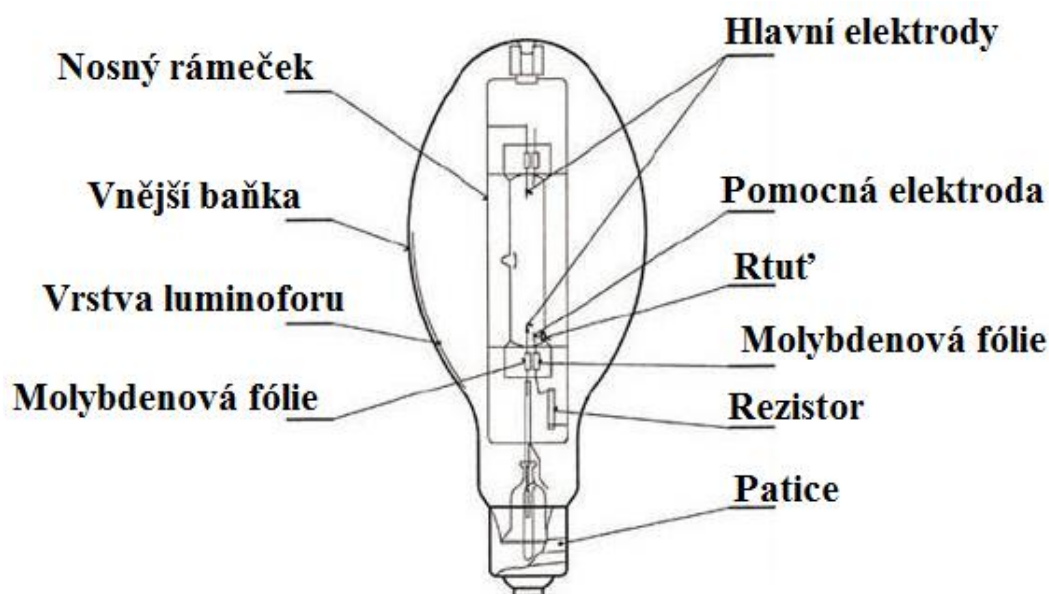
15%	1 - 5 mg
50%	5 - 10 mg
35%	10 -50 mg

Obr. 11: Obsah rtuti v halogenidových výbojk. s keramickým hrotem v roce 2008 [9]

3.3.3 Rtuťové výbojky

U těchto zdrojů světla vzniká záření výbojem v parách rtuti při tlaku přibližně 0,1 MPa. K jmenovitým hodnotám dochází po 3 až 5 min. Index podání barev mají 60 a maximální výkon 50 - 80 lmW^{-1} . Životnost mají 12 000 až 15 000 hodin. Výhodou výbojek je malý pokles světelného výkonu po dobu jejich života [1].

Hořák je vyroben z křemenného skla, do něhož jsou zataveny wolframové elektrody, které jsou zataveny v molybdenové fólii. Elektrody jsou pokryty emisní vrstvou oxidu barya a vápníku s přísadou oxidu yttritého. V hořáku je přesné množství rtuti a argonu pro snadný zapálení výboje. Hořák obklopuje sodno-vápenatá skleněná baňka s tenkou vrstvou luminoforu pro nízké píkony, anebo z borito-kemického skla pro vyšší píkony. Vrstva luminoforu, nejastěji vanadi nan-yttritý nebo vanadi nan-boritan-yttritý, transformuje ultrafialové záření na světlo, u rtuových výbojek je to především v oblasti červeného spektra. Baňka je naplněna směsí argonu a dusíku [16].



Obr. 12: Komponentní složení vysokotlaké rtuové výbojky [17]

Rtuové výbojky nejsou vhodné pro osvětlování vnitřních prostorů pro své nízké R_a a pro velice dlouhé opotavné zapnutí výbojky, kdy k opotavnému zapálení dochází až po 7 minutách. Pro nízký měrný výkon se nepoužívají ani ve venkovních prostorách a byly nahrazovány úspornějšími výbojkami. V dnešní době se jeví velmi vzácně používat směsové výbojky. Je to světelný zdroj kombinující žárovku a rtuovou výbojku [16].

59 %	10 -50 mg
29 %	50 - 100 mg
12 %	100-1000 mg

Obr. 13: Obsah rtuti ve rtu ových výbojkách v roce 2008 [9]

65 %	100-1000 mg
35 %	>1000 mg

Obr. 14: Obsah rtuti ve rtu ových výboj. s krátkým obloukem v roce 2008 [9]

100 %	100-1000 mg
-------	-------------

Obr. 15: Obsah rtuti ve rtu ových kapilárních výbojkách v roce 2008 [9]

3.3.4 Xenonové výbojky

Xenonovou výbojku s krátkým obloukem tvo í sklen ná k emi itá ba ka pln ná p eváfn xenonem, ale také rtutí. Uvnit jsou wolframové elektrody, mezi nimiž vzniká výboj. Pro vznik výboje je zapot ebí vysokého nap ového impulsu (více ne 20 kV). Spektrum vyza ování je podobné dennímu sv tlu a m rný výkon je 85 lmW^{-1} . íivotnost mají jen 2 500 h [1].

Tyto výbojky nacházejí uplatn ní p edev-ím v automobilovém pr myslu, nebo také osv tlovací a projek ní technice. Zapojují se speciálním frekven ním m ni em [1].

20%	50 - 100 mg
70%	100-1000 mg
10 %	>1000 mg

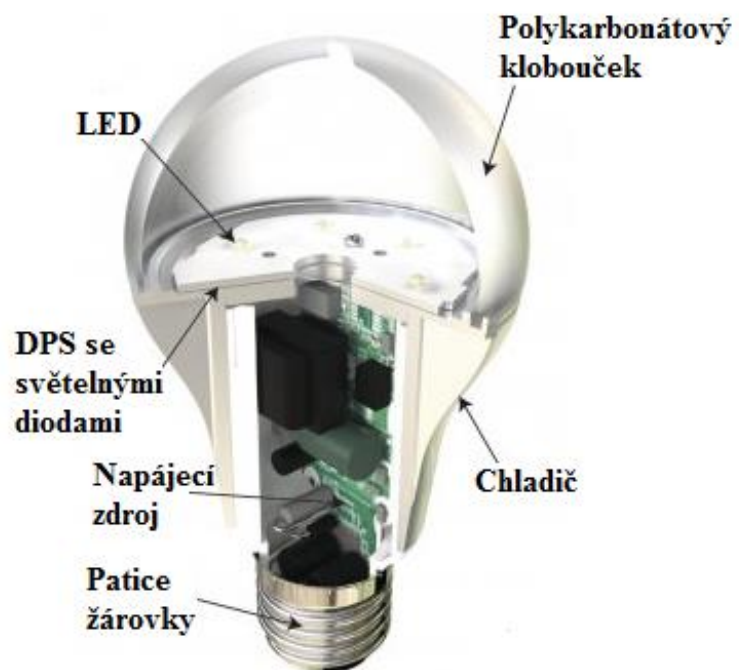
Obr. 16: Obsah rtuti ve rtu -xenonových výbojkách v roce 2008 [9]

3.4 Elektroluminiscen ní sv telné zdroje

Elektroluminiscen ní sv telné zdroje obsahují sv telnou diodu, polovodi ovou sou ástku s PN p echodem. Je-li p echod buzen elektrickým proudem, vyza uje se optické zá ení. Sv telné diody (LED) jsou stále se rozvíjejícím sv telným zdrojem. ada výrobce se snaží dosáhnout co nejlep-ích parametr . Pro vylep-ení indexu podání barev, aíl na hodnotu lep-í neíl 90, pomáhají zlep-ovat vlastnosti luminoforu nové technologie. M rný výkon se také vyvíjí a o ekává se jeho hodnota 250 lmW^{-1} a vy-í. Doba íivotnosti se uvádí od 20 000 do 80 000 hodin [19].

Sv telné zdroje se skládají z jedné a víc sv telných diod. LED tvo í PN p echod, který je vytvo en z polovodi typu $A^{III}B^V$ vysoké ístoty. P ední výrobci pouíívají fosfid india (InP), galia (GaP) a hliníku (AlP). Dopln ním sortimentu o modré LED (InGaN), umoínilo vyrobit zdroj s bílým sv tlem. Vyvinutí bílého sv tla m íleme dosáhnout dv ma zp soby. První z nich je mísením monochromatických vlnových délek. [19].

LED flárovky mají ze sv telných zdroj nejnáro n j-í výrobu a nejnáro n j-í postzpracování samotných komponent . D vodem je velké množství pouíitého materiálu, který je ásto toxický a n které jsou i radioaktivní. Na obrázku nííle je znázorn na LED flárovka v ezu, na které je vid t kolik komponent a r zných materiál je zde pouíito. Tyto sv telné zdroje v posledních letech jsou na obchodních trzích kupovány stále ást ji, ale se svojí dlouhou íivotností prozatím nezat íují kolektivní systémy a sb rné dvory v takovém množství jako jiné sv telné zdroje.



Obr. 17: Komponentní složení LED žárovky [20]

4 POUŽÍVANÉ LÁTKY VE SV. TELNÝCH ZDROJÍCH

V této kapitole jsou uvedeny použité chemické látky ve sv. telných zdrojích. Jsou zmíněny jejich celosvětové i lokální zásoby. Zmíněna je jejich okrajová výroba látek, pro detailnější popis výroby doporučí odbornou literaturu se zaměřením na samostatnou výrobu.

4.1 Kovy

4.1.1 Wolfram

Wolfram je pro svoje výjimečné tepelné vlastnosti použit jako sv. telné vlákno u flárovek nebo jako elektroda u výbojek. Wolfram je v zemské kůře obsažen průměrně v 1,25 ppm. V České republice máme více než 70 kt zásob druhého nejtěžšího známého kovu. V České republice se vyskytují naleziště wolframu, ale jelikož jsou na několika místech především na území národního parku Třemšava, tak je u nás netěžíme, ale dovážíme ze zahraničí. Bohaté zásoby jsou vzhledem k ochraně životního prostředí tedy vedeny jako nebilanční. Celosvětové zásoby jsou asi 2,5 Mt, z toho asi 70 % v Číně. Výroba wolframu z rudy je velmi složitý technický a energeticky náročný proces, který probíhá v mnoha krocích. Nejprve chemickými reakcemi, při velmi vysokých teplotách, dostaneme wolfram. Při výrobě vzniká oxid uhličitý a plyní tak ke vzniku skleníkových plynů. Wolfram se zde používá především proto, že má ze všech kovů nejvyšší bod tání 3422 °C [21].

4.1.2 Molybden

Molybden se u flárovek používá na podporu wolframového vlákna a u výbojek jako ochranná fólie. Zemská kůra obsahuje 1,2 ppm molybdenu. V ČR máme ložiska na Rakovnicku s obsahem 14 kt čistého kovu. Naleziště máme víc, ale už jsou úplně nebo částečně vyčerpány. Opět k nám do zeměrad ji molybden dovážíme ze zahraničí. Orientační cena za jeden kilogram je kolem 770 Kč. Světové zásoby tvoří 11 Mt, z toho je největší množství na území Číny, asi 40 %, a v USA necelých 25 %. Výroba molybdenu je prováděna redukcí oxidu molybdenového vodíkem ve fluidní peci v několika krocích při různých teplotách [22].

4.1.3 Hliník

Používaný především na patice sv. telných zdrojů. Hliník je v zemské kůře obsazen v 7,47 %, což ho řadí na první místo nejrozšířenějších kovů a na třetí místo všech prvků v zemské kůře. Hliník se těží především v minerálech a nejčastěji je obsažen v bauxitu. Celosvětově potvrzené zásoby činí 28 Gt, odhadované zásoby jsou až 75 Gt. Největší ložiska jsou na území Guineje (7,4 Gt) a v Austrálii (6 Gt). Největším producentem bauxitu je Austrálie a Čína, ale také Brazílie a Indonésie. V dnešní době není jeho výroba tak složitá, jak kdysi bývala. Proces probíhá elektrolytickým rozkladem oxidu hliníkového rozpuštěného v roztaveném kryolit. Při výrobě samotného hliníku vznikají oxidy uhlíku [23].

Při výrobě hliníku vznikají jedovaté a nebezpečné odpadní látky. Tyto látky v hliníkárnách bývají často uskladněny v obrovských nádržích, jedním příkladem je toxický kal. V roce 2010 se v Maarsku protrhla hráz kalového nádrže. Do okolí se rozlilo asi 700 000 m³ toxického

erveného kalu. Podle měření Greenpeace kal obsahoval 110 mg/kg arzenu, 1,3 mg/kg rtuti a 660 mg/kg chromu, což jsou hodnoty překračující limit. Katastrofa v hliníkárnách si vyžádala smrt několika lidí včetně dětí, desítky lidí bylo popáleno nebo jinak zraněno. Příroda se bude vzpamatovávat ještě několik desítek až stovek let [24].



Obr. 18: Místo katastrofy v Maarsku v den havárie [25]



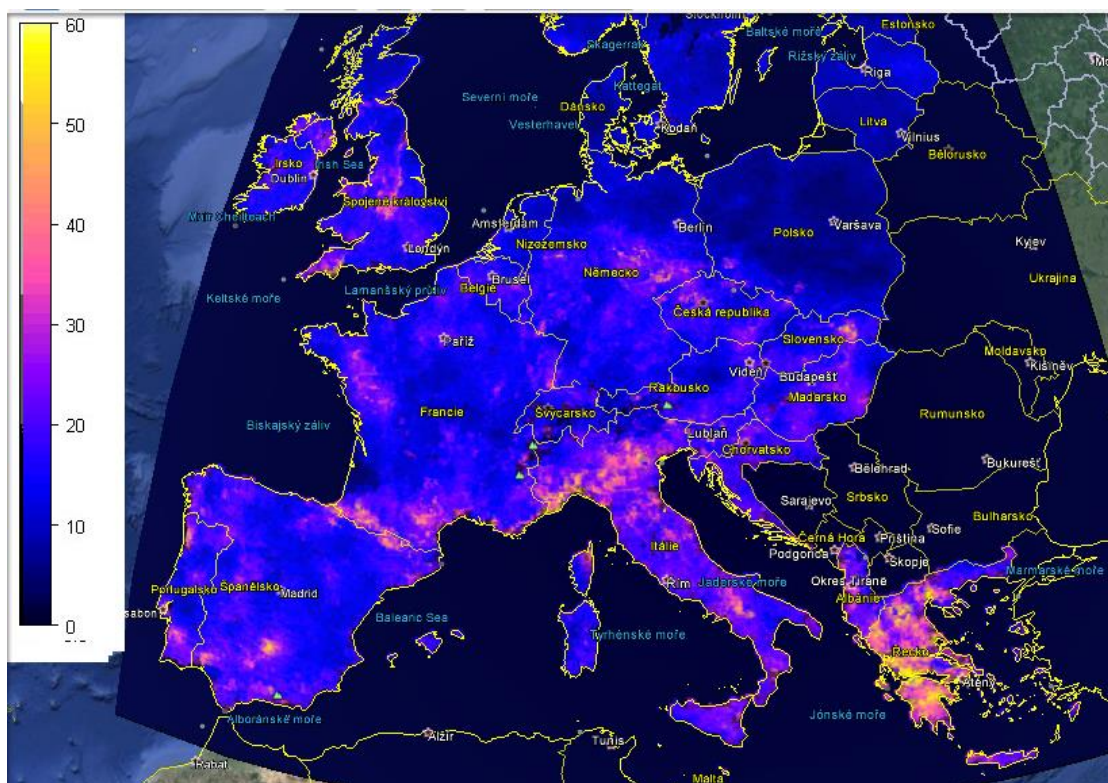
Obr. 19: Místo katastrofy v Maarsku rok po havárii [25]

4.1.4 Fělezo

Fělezo je druhý nejrozšířenější kov a v zemské kůře tvoří 4,2 % z celkové její hmotnosti. Fělezo se vyskytuje pouze ve formě sloučenin, nejznámější jsou magnetit a hematit. Celosvětové zásoby fělezných rud jsou 800 Gt, z tohoto množství tvoří asi 29 % fělezo. Největší zásoby fěleza má Austrálie, Brazílie a Rusko asi 15 Gt, dále pak následuje Čína (7,2 Gt). V roce 2012 se celosvětově vytěžily 3 Gt fělezné rudy, z nichž se pak vyrobilo 1,1 Gt fěleza. Největším producentem fěleza je Čína, která dováží i samotnou rudu z jiných států z celého světa. Fělezo se z rudy dostává redukcí při teplotách až 1000 °C. Při výrobě se uvolňují oxidy uhlíku do ovzduší [26].

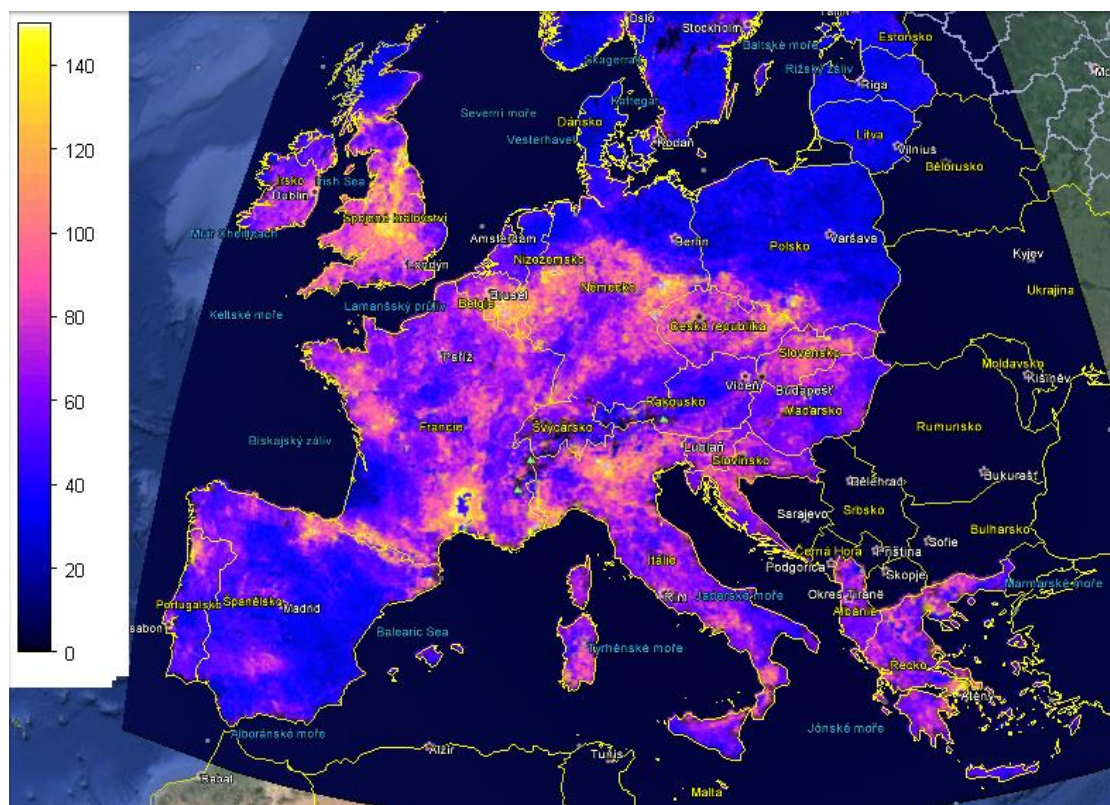
4.1.5 Mosaz

Mosaz je sloučenina mědi a zinku používaná u světelných zdrojů na výrobu baterií. Výroba je náročná na dodržování teplot, kvůli nízkým teplotám tání a odpařování zinku. Na výrobu celosvětové mosazi se spotřebuje asi čtvrtina celosvětové produkce mědi. Celosvětová produkce mědných rud je 17 Mt ročně. Největšími producenty jsou Chile (5,37 Mt), Čína (1,5 Mt), Peru (1,24 Mt) a USA (1,15 Mt). V Evropě jsou největší zásoby v Polsku 26 Mt, ročně se zde vytěžilo 430 kt mědi. Podle obrázku níže je v zemské kůře obsažena nejvíce v Rusku a Itálii. Výroba mědi se provádí náročnějšími energetickými procesy, kdy je postupně měď ve formách oxidu a sulfidu. Nakonec nám vzniká měď a jedovatý plyn oxid siřičitý [27].



Obr. 20: Obsah molybdenu (mg/kg Cu) v Evropě podle Google Earth [28]

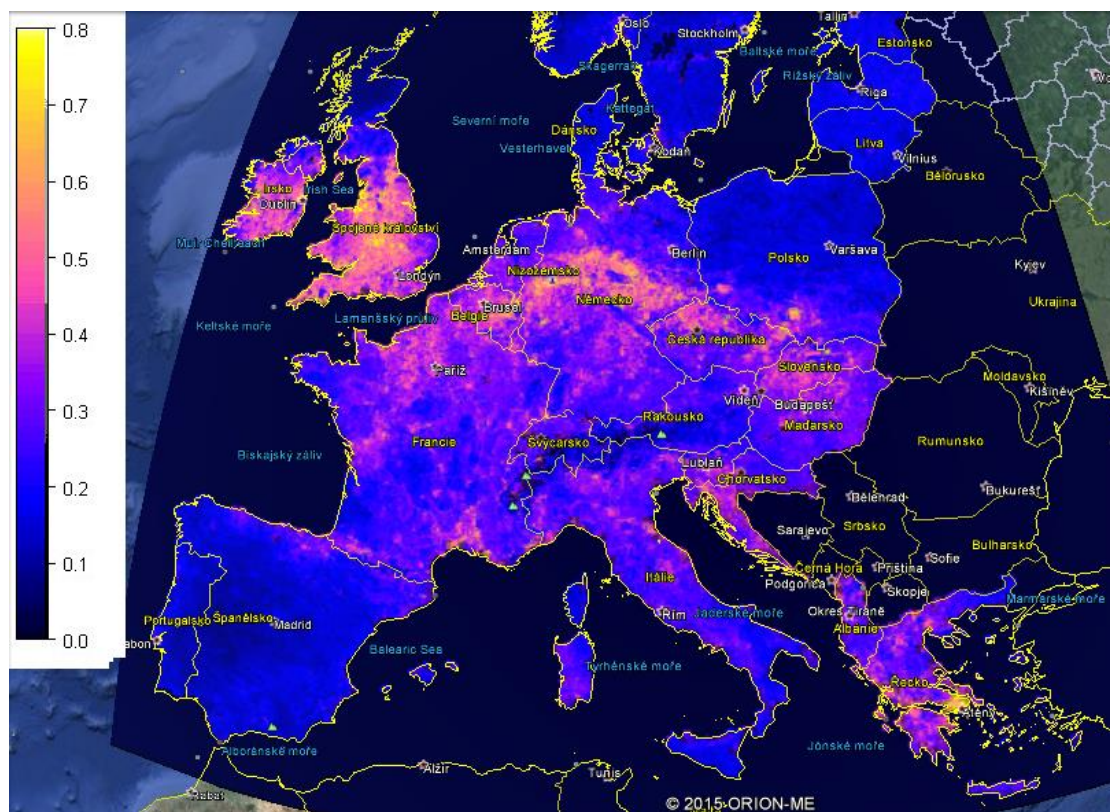
Druhou složkou mosazi je zinek. V zemské kůře je o 10 ppm zinku více než molybden, celkem tvoří 70 ppm zemské kůry. V porovnání dvou snímků z Google Earth je vidět, že zinku je v půdě podstatně více než molybden. Celosvětové těžitelné zásoby zinku jsou odhadovány na 250 Mt, největší zásoby jsou v Austrálii, 70 Mt téhož kovu. Největšími producenty světa jsou Čína (4,6 Mt), Peru (1,3 Mt) a Austrálie (1,49 Mt). Největšími evropskými producenty jsou Irsko (350 kt), Švédsko (199 kt) a Polsko (108 kt). Zinek se vyrábí destilační rafinací, kde mimo zinku vznikají další cenné prvky pro světelné zdroje germanium, kadmium a indium [29].



Obr. 21: Obsah zinku v půdě (mg/kg Zn) v Evropě podle Google Earth [28]

4.1.6 Kadmium

V přírodě se nejčastěji vyskytuje v zinkových a olovných rudách. Na výrobu kadmia se převážně používají odpadní produkty po rafinaci zinku. Celosvětová produkce činí cca 23 kt ročně. Největšími producenty jsou Čína (7 kt) a Jižní Korea (4,1 kt). Největší zásoby jsou v Číně, Austrálii a v Peru, dohromady ukrývají asi 208 kt kadmia. V Evropě je nejvíce kadmia v půdě ve Velké Británii. Kadmium patří do skupiny toxických prvků. Tento chemický prvek je také karcinogenní [30].



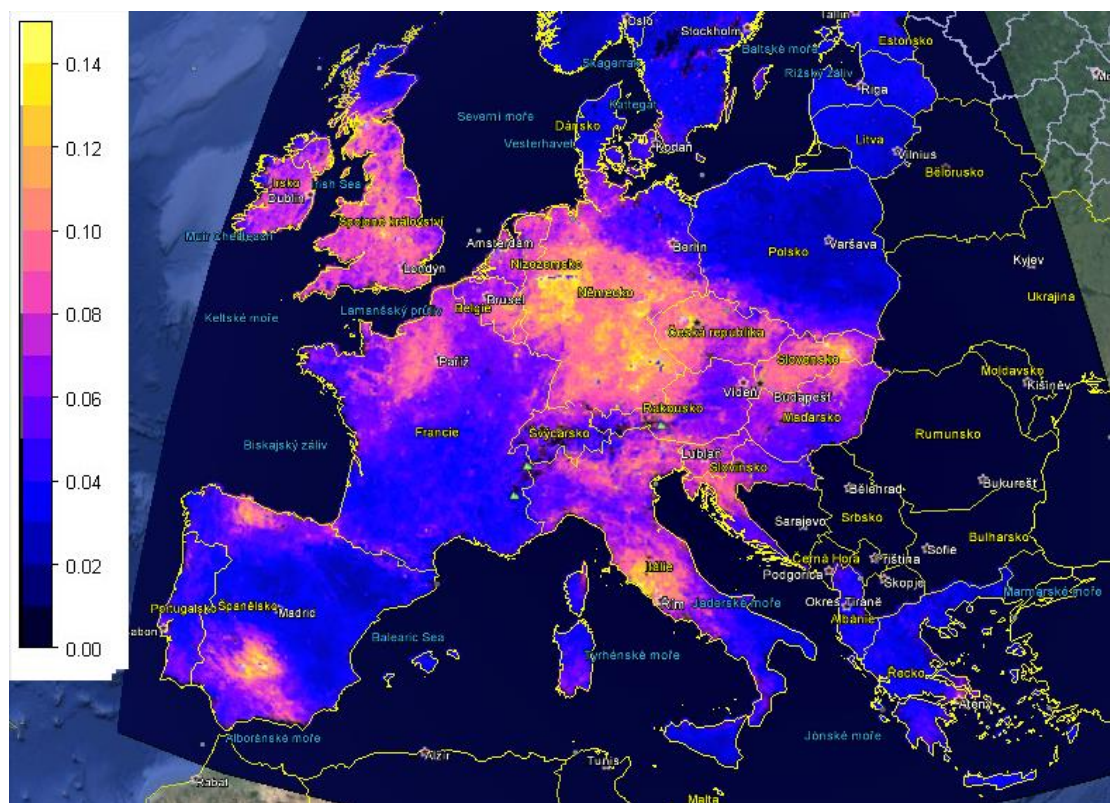
Obr. 22: Obsah kadmia v půdě (mg/kg Cd) v Evropě podle Google Earth [28]

4.1.7 Sodík

Použití především v sodíkových výbojkách. Na zemi máme sodíku dostatek, je to tvrdý nejrozšířenější kov na zemi. V zemské kůře je obsažen v 2,34 % z toho 1,06 % v mořské vodě. Výroba sodíku se provádí elektrolýzou chloridu sodného nebo hydroxidu sodného [31].

4.1.8 Rtuť

Rtuť je obsažena v nízkotlakých i vysokotlakých výbojkách. Průměrný obsah rtuti v zemské kůře je 0,067 ppm, v půdě se vyskytuje v minerálech i volné formě. Zjištěné zásoby rtuti jsou 94 kt, nejvíce z nich jsou v Mexiku 29 % a v Číně 22 %. Odhadované celosvětové zásoby jsou v současnosti 600 kt. V Evropě jsou nejvíce zásoby ve Těchánělsku a Slovinsku. Těchánělské ložisko cinabaritu (HgS , rumunka) je celosvětově nejvýznamnější, v Almadénu se netěží od roku 2000, kdy těžba skončila vzhledem k nízkým cenám rtuti. Velký obsah cinabaritu je také obsažen ve svrchní vrstvě půdy v Německu, jak je vidět na obrázku níže. Přesto se velká množství těží v Číně [33].



Obr. 23: Obsah rtuť v půdě (mg/kg Hg) v Evropě podle Google Earth [28]

V ČR významná naleziště nemáme a rtuť k nám dovážíme, ročně to jsou asi 2,5 t. Průměrná cena, za kterou se rtuť prodává je cca 10 500 Kč/kg [32]. Rtuť je získávána z minerálů pražením při vysokých teplotách v pecích. Z minerálů vznikají mimo rtuť také oxid siřičitý SO_2 , sulfid vápenatý CaS , síran vápenatý CaSO_4 , sulfid železnatý FeS . Záleží na tom, s čím minerál reaguje, jestli se vzduchem, vápnem nebo železem [33].

4.1.9 Indium

Průměrný obsah india v zemské kůře je 0,25 ppm. Ročně se vytěží cca 650 kt india, více než polovina pochází z Číny. Indium je velmi drahý kov, 1 kg této suroviny stojí asi 10 000 Kč. Výroba se provádí z odpadních produktů po rafinaci zinku, převážně elektrolýzou nebo louháním [34].

4.1.10 Gallium

Průměrný obsah galia v zemské kůře je 19 ppm. Ročně se vytěží 273 tun. Největším světovým producentem je Čína a největším evropským je Německo. Cena galia se pohybuje kolem 4 000 Kč za kilo. Galium se v dnešní době získává extrakcí z odpadního produktu při výrobě hliníku [35].

4.1.11 Nikl

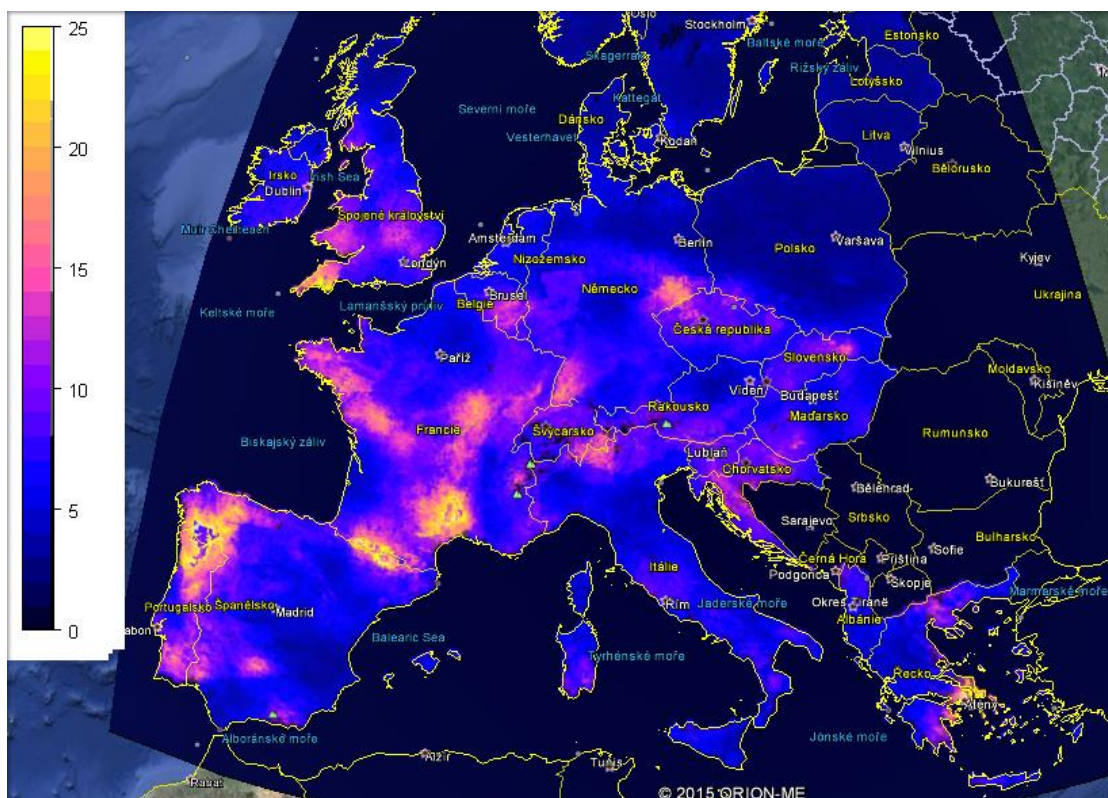
Průměrný obsah niklu v zemské kůře je 84 ppm. Celosvětové těžitelné zásoby jsou 75 Mt, z toho připadá jedna třetina na Austrálii. Nejvíce se niklu vytěží na Filipínách, Indonésii, Rusku a v Austrálii. Dovozní cena niklových rud se pohybuje přibližně 450 Kč za jeden kilogram [36].

4.1.12 Niob

Niob je pr m rn obsažen v zemské k e 17 ppm. Nejv t-í zásoby má Brazílie, které iní 97 % z celkových 3 Mt sv tových zásob. Ro n se zde vyt fí 63 kt niobu. Výroba tantalu se provádí spole n s výrobou jiného kovu. Výrobou je zat flováno ovzdu-í, jelikož se p i zpracování uvol uje oxid uhelnatý [37].

4.1.13 Arsen

Odhadované pr m rné množství arsenu v zemské k e je 0,001 %. Celosv tová produkce je asi 44 kt ro n . Nejvíce se vyt fí v ín 25 kt a Chile 10 kt. Celosv tové zásoby se odhadují na 880 kt, což je asi dvacetinásobek ro ní produkce. V Evrop je Arsen obsažen v p d jen lokáln . V nejv t-í koncentraci se nachází v Portugalsku a v jižní Francii, jak je zobrazeno níže na obrázku. Kovový arsen získáme z oxidu, redukcí oxidem uhelnatým nebo uhlíkem. P i jeho výrob vzniká mimo kovový arsen také oxid uhli itý. Z arsenu v organismu vznikají toxické látky, zejména oxid arsenitý je znám jako velmi ú inný jed. Smrtelná dávka tohoto oxidu pro lov ka je odhadována na 0,2 g [38].



Obr. 24: Obsah arsenu v p d (mg/kg As) v Evrop podle Google Earth [28]

4.2 Vzácné plyny

Plynný obsah sv telných zdroj tvo í vzácné plyny, které získáváme frak ní destilací ze vzduchu. Jestliže se plyn vyskytuje ve vzduchu, tak je patrné, že plyny neohrožují na-e zdraví. N které plyny se b fín používají v potraviná ském pr myslu jako balící plyn (nap . argon). Ve sv telné technice se používají tyto vzácné plyny: neon, argon, krypton a xenon.

Tab 1: Obsah vzácných plynů ve vzduchu [39],[40],[41],[42].

Vzácný plyn	Obsah ve vzduchu
Neon	1,2 ppm
Argon	937 ppm
Krypton	1,1 ppm
Xenon	0,09 ppm

Získávání vzácných plynů, kterých je v poměru vzduchu velmi málo, je energeticky náročné a projevují se v cenách produktů. Při energetické náročnosti je potřeba vyrobit více elektrické energie a oproti tomu více –kodíme na –emisi oxidu –í.

4.3 Sklo

Bažky klasických žárovek jsou vyrobeny ze sodno-vápenatého skla. Toto sklo můžeme získat z flihou flivce ze zemské kůry. Minerál je možný z flit téměř po celém světě, tvoří asi 60 % zemské kůry. T fliha probíhá i na několika místech i u nás, například v Moravských a řidánov na Domařlicku. Kemenné sklo je použito u halogenových žárovek. Sklo je vyráběno tavením oxidu křemíťého v pecích při vysokých teplotách (cca 2000 °C). Pro vysokotlaké výbojové světelné zdroje se používá korund (Al_2O_3), který má vy–í tvrdost. Nalezit korundu máme i v ČR na Jizerské louce u Kořenova, Hazlov a Pokojovicích. Největ–í zahraniční zásoby jsou na Srí Lance (Cejlón) a v Indii [43],[45].

4.4 Keramika

V elektrotechnice se nejastěji používá korundová keramika neboli oxid hlinitý. Výroba není chemicky náročná a provádí se loufením z bauxitu. Při samotném procesu nevznikají nebezpečné oxidy, ale je zapotřebí vyvinout na chemické sloučeniny v t–í množství tepla. Tato látka není nebezpečná [43].

4.5 Halogeny

Jod se v přírodě vyskytuje ve vázaných sloučeninách. V zemské kůře je průměrně obsažen v 0,045 %. Největší množství je rozpuštěno v mořské vodě, jedním ze známých zdrojů je chilský ledek. Celosvětově zjištěné zásoby jsou asi 8 Mt. Největším producentem jódu je Chile se 17 kt za rok. Výroba jódu z chilského ledku se provádí redukcí krystalizačního louhu. Dalším halogenem je brom, který se v přírodě nejastěji vyskytuje jako sloučenina se sodíkem. Průměrný obsah bromu v zemské kůře je 2,4 ppm. Odhadované největší zásoby jsou v USA (11 Mt), v Evropě tomu tak je ve Španělsku (1,4 Mt). Největšími producenty bromu jsou Izrael (200 kt) a Čína (155 kt), tvoří téměř 80 % celosvětové produkce. Brom získáme oddělením sodíku pomocí chlóru. Následnou sloučeninou použijeme na výrobu samotného sodíku a chlóru. [46],[47].

4.6 Vzácné zemin

Prvky vzácných zemin se převážně vyskytují pospolu. Přesto se nevyskytují ve velkých koncentracích a jejich t fliha je tak velmi náročná na flivotní prostředí.

4.6.1 Skandium

Nejčastěji se vyskytuje v doprovodu s yttriem a lanthanem. Skandium je průměrně obsaženo v zemské kůře 22 ppm. Zásoby skandia jsou obsaženy v niklových, kobaltových, wolframových, cínových, železných a uranových ložiscích v Austrálii, Číně, Rusku a USA. Skandium získáváme elektrolýzou z chloridu skandia. Při výrobě samotného chloridu z oxidu skandia vznikají oxid uhličitý a oxid uhelnatý [49].

4.6.2 Yttrium

Průměrný obsah Yttria v zemské kůře se odhaduje na 33 ppm. Světové zásoby se odhadují na 540 kt Y_2O_3 (oxid yttritý), z toho připadá na Čínu 220 kt, USA 120 kt, Austrálii 100 kt a Indii 72 kt. Yttrium se vyrábí loužením rud směsí minerálních kyselin a následnou separací, dále pak oxidací ním pražením vzniká oxid yttritý. Samotné yttrium získáme z fluoridu yttritého, které vyprodukuje v pecích vápníkem nebo draslíkem [50].

4.7 Thorium

Odhadované množství thoria v zemské kůře je 8 ppm. Celosvětové zásoby tohoto radioaktivního kovu činí 1,4 Mt. Největší ověřená naleziště jsou v USA (440 kt), Austrálii (410 kt), Indii (290 kt) a Kanadě (100 kt). Do České republiky se thorium dováží, například 4 kg ročně. Dovozní cena radioaktivního kovu je 3250 Kč/kg. Výroba thoria se provádí alkalickým nebo kyselým loužením rudných koncentrátů [51].

4.8 Baryum

Baryum je v zemské kůře obsažen v podstatně větším množství než předchozí zmíněné chemické látky. Jeho procentní podíl je odhadován na 0,1 % její hmotnosti. Celosvětové zásoby barytu jsou odhadovány na 240 Mt, největší naleziště jsou v Číně (100 Mt), Indii (32 Mt) a v Alžírsku (29 Mt). V České republice jsou evidovány tři ložiska barytu s nebilanční zásobou 569 kt. Do tuzemska tak baryum dovážíme, ročně dovážíme kolem 7 kt barytu. Úprava barytu je prováděna redukcí barytu za vysokých teplot v peci a následně kyselinou fluorovodíkovou nebo chlorovodíkovou je vytvořen halogenid. Následná výroba barytu je prováděna elektrolýzou. Při chemické úpravě vzniká oxid uhelnatý. Dalším způsobem výroby může být redukce oxidu barnatého hliníkem nebo křemíkem [52].

4.9 Nebezpečnost použitých chemických látek

Nebezpečné chemické látky jsou podle zákona zařazeny, dle bezpečnostní klasifikace, do rizikových skupin, kterých je celá řada. Jedna látka má většinou více rizikových skupin. Chemické látky jsou pro rychlou informovanost označeny grafickými výstražnými symboly a označeny konkrétní bezpečnostní skupinou tzv. R-větou. Grafické symboly, které bývají přidruženy u chemických látek použitých u svítelných zdrojů, jsou znázorněny na obrázku níže [53].



Obr. 25: Vybraná grafická bezpečnostní označení nebezpečných chemických látek [56]

Na obalech sv telných zdrojů se neuvádí samotné složení, a tudíž obyčejní lidé netuší, co tyto spotřebiče obsahují za chemické látky, v případě nevhodného zacházení jsou i nebezpečné. Mofná by bylo vhodné chemické složení uvádět a lidé by tak brali na vědomí jejich závažnost. V následující tabulce jsou zmíněny používané látky ve sv telných zdrojích a jejich nebezpečnost dle legislativy a rozdělení do rizikových skupin, které jsou popsány tzv. R-v tami.

Tab 2: R-v ty nebezpe ných chemických látek použitých ve sv telných zdrojích [54],[55]

	R10 - Ho lavý	R11 - Vysoce ho lavý	R14 - Prudce reaguje s vodou	R15 - P i styku s vodou uvol uje extrémn ho lavé plyny	R17 - Samozv ntlivý na vzduchu	R20 - Zdraví -kodlivý p i vdechování	R21 - Zdraví -kodlivý p i styku s k flí	R22 - Zdraví -kodlivý p i požití	R23 - Toxický p i vdechování	R24 - Toxický p i styku s k flí	R25 - Toxický p i požití	R26 - Vysoce toxický p i vdechování	R33 - Nebezpe í kumulativních ú ink	R34 - Zp sobuje poleptání	R35 - Zp sobuje t flké poleptání	R40 - Podez ení na karcinogenní ú inky	R43 - M fle vyvolat senzibilizaci p i styku s k flí	R45 - M fle vyvolat rakovinu	R48 - P i dlouhodobé expozici nebezpe í vá flného po -kození zdraví	R50 - Vysoce toxický pro vodní organismy	R52 - [†] Kodlivý pro vodní organismy	R53 - M fle vyvolat dlouhodobé nep íznivé ú inky ve vodním prost edí	R58 - M fle vyvolat dlouhodobé nep íznivé ú inky pro flivotní prost edí	Radioaktivní prvek	Pesticid
Arsen									X	X	X							X		X		X	X		
Baryum				X		X	X																		
Brom												X			X					X					
Gallium														X											
Hliník	X			X	X																				
Kadmium						X		X	X	X	X							X	X						
M																									X
Nikl									X							X	X		X		X	X			
Niob		X																							
Rtu									X	X	X		X					X	X				X		X
Sodík			X	X										X											
Skandium		X																							
Thorium																		X						X	
Yttrium		X																							
Zinek				X	X															X		X			
fielzo		X																							

Z tabulky je patrné, fle n které chemické látky jsou pro populaci i flivotní prost edí velmi nebezpe né a mohou u nich vyvolat nefládoucí ú inky. Nebylo by -patné, uvád t i symboly nebezpe nosti i na obalech sv telných zdroj . Samoz ejm jeden sv telný zdroj nezp sobí ekologickou katastrofu, ale výrazn by to p ísp lo k ochran flivotního prost edí.

5 VLIV NA FLIVOTNÍ PROST EDÍ

5.1 Dopady t flby na flivotní prost edí

Dopady na flivotní prost edí p i t flb nebo po ukon ení t flby jsou velmi závařné. Vlivem t flby vzácných zemin dochází k naru-ení zavedeného ekosystému. M fle dojít afl ke ztrát n kolika rostlinných i flivo i-ných druh . P edev-ím tomu tak je u povrchové t flby, kde se zni í obrovská ást pestré krajiny. U v t-iny materiál je zapot ebí pro její t flbu obrovské mnořství vody, pro odd lení pot ebných kov a nerost od kamení nebo písku. Tímto vzniká velký úbytek podzemní vody a vzniká tím v t-í náro nost na získání spodních vod. Voda je ov-em je-t zne i- ována chemickými a jedovatými látkami p i t flb . V rozvojových zemích spodní vody jsou zdrojem ist pitné vody a mají tudíř vliv na kvalitu flivota místního obyvatelstva a flivo ich . Zne i-t ná voda má vliv i na kvalitu vyp stovaných potravin a tudíř i vliv na závařné zařlivací problémy. N které spole nosti vypou-t jí toxické vody p ímo do ek a oceán . V t chto p ípadech za to m fle legislativa nep íli- rozvitého státu. Jedním z p ípad zne i-t ní flivotního prost edí je také havárie. V t chto mofná afl b řných situacích pro rozvíjející se zem bývají následky pro flivotní prost edí tragické. V ekách a mo řích je obrovský úhyn ryb a ostatních flivo ich a také nesou následky místní obyvatelé vářnými chorobami, v krajním p ípad i smrtí [57].

Obrovským problémem jsou jifl uzav ené doly, ve kterých se ukrývá velké nebezpe í. V t-ina uzav ených dol je ponechána samotné p írod , ve stavu poslední t flby. P ístroje a pom cky pro t flbu jsou nechané v dolech. Pro t fla ské firmy je vyklizení dolu nákladné a nevysp lé státy nemají takové zákony, aby jím to mohly p íkázat. Ukrývají se zde také nevyt řené horniny, které p edstavují jisté riziko v úniku toxických látek do spodních vod. Vyt řené lomy p edstavují lákadlo pro skládky odpad s velkou kapacitou. Jestliffe doly nejsou hlídané a nejsou provád ny pravidelné rozборы podzemních vod, p edstavují v t chto p ípadech tak ka asovanou bombu pro flivotní prost edí [57].

5.2 Ekologická závadnost rtuti

Nefunk ní sv telné zdroje se stávají odpadem. Bohuřel je lidé odhazují do komunálních odpad . řárovky pat í do skupiny ostatních odpad , ale výbojové sv telné zdroje se adí do kategorie nebezpe ných odpad . Je tomu p edev-ím tak, fle výbojky obsahují toxickou rtu a ostatní -kodlivé t řké kovy. Samotné zá ivky nebo výbojky nejsou nebezpe né v nerozbitém stavu. Ale jestliffe lidé odhazují sv telné zdroje do komunálního odpadu, tak se sv telný zdroj rozbije je-t p ed jejich domy ve sb řném voze pro komunální odpad. A po jejich destrukci se za ne odpa ovat rtu . Rtu se pr b řn odpa uje i na skládkách a -kodliviny unikají i do spodních vod. Ro n se na skládky odveze afl 2 000 tun nebezpe ného odpadu a je t eba tomu zabránit. Ve vysp lých zemích p sobí ada firem, které nebezpe ný odpad, jako jsou nap íklad sv telné zdroje, odborn zne-kodní nebo recyklují [58].

5.3 Vliv rtuti na lidské zdraví

Toxicita rtuti pro lidské zdraví závisí na způsobu, jakým se dostane do těla. Při rozbití světelného zdroje je tomu nejčastěji vdechnutím, ale také v krajním případě proniknutím přes pokožku. Dalším způsobem nakazení je nakazení se závadného jídla. Nejnebezpečnějším pro lidské zdraví jsou organické sloučeniny (např. dimethylrtu), který se dokáže dobře uchytit v potravním řetězci. Nejčastějším nakazením člověka je tedy požití závadné stravy a absorbování rtuti přes zažívací soustavu. Nejčastěji bývají rtutí zasaženy ryby, mořské plody, vnitřnosti živočichů nebo zemědělské plodiny ze zamořených oblastí toxickou rtutí. Dimethylrtu má velký vliv na nervovou soustavu a mozek. Nebezpečná je zejména pro těhotné ženy a pro malé děti, u nichž se vyvíjí organismus. V této formě ji v dci zařadili do kategorie pravděpodobně karcinogenní pro člověka a může tedy způsobit i rakovinu. Smrtelná dávka dimethylrtuti se uvádí 0,1 ml [59], [60].

Dalším druhem je elementární rtuť, která je pro lidský organismus také jedovatá. Do těla se dostává především vdechováním výparů rtuti, absorpcí přes plíce. Nejčastěji tomu tak je na pracovišti, kde se rtuť používá, ale může tomu tak být i při použití amalgámových plomb. Elementární rtuť působí na lidské zdraví jako organické sloučeniny, způsobují problémy s nervovou soustavou, jako jsou ztráty paměti, nekoordinované pohyby nebo bolest hlavy. Rtuť může poškodit i ledviny a tlustou flázu. V krajních případech způsobuje vdechování elementární rtuti i smrt. Smrtelná dávka se udává přibližně 1 g elementární rtuti [59], [60].

Pro dimethylrtu se odhaduje, že nebezpečná dávka denního příjmu z potravin je 0,1 µg na jeden kilogram tělesné hmotnosti. Elementární páry rtuti mají mírné toxické účinky od hodnoty 20 µg / m³. Výzkumy v USA odhalily, že jedna žena z deseti má v krvi více rtuti než připouští limity. Ve státech, kde tvoří mořské plody velkou část stravy, jsou úrovně mnohem vyšší. Lidé, kteří konzumují velké množství kontaminovaných potravin, jsou vystaveni ohrožení. Vyšší množství rtuti je například v mořských makrelách, štikách, flálocích, ale také ve velkém tuňáku [60].

5.4 Snífování rtuti ve světelných zdrojích

Častěji po tomto nefunkčním zdroji s obsahem rtuti vedlo Evropskou unii k stanovení maximálního limitu obsahu rtuti v kompaktních zářivkách na 2,5 mg. První výrobci světelných zdrojů sami snižují množství obsažené rtuti. U nás se prodává především v tělna kompaktních zářivek s obsahem rtuti menším než 1,5 mg, u nichž je obsah dokonce nižší než 1 mg. Pro správnou funkci kompaktních zářivek je zapotřebí jen 0,1 až 0,5 mg množství rtuti. Do zářivek se přidává o něco větší množství než je potřeba, kvůli vzniku vazeb s luminoforem a malého množství navázaného na luminiscenční vrstvu [61].

5.5 Spleť výroba LED

Dnešní doba je ve světelné technice označována jako doba šLEDková. Především proto, že tyto světelné zdroje rozvíjejí velmi rychle a spotřebitelé v nich nacházejí ekologickou alternativu. Hlavně proto, že mají vynikající světelné parametry, nízkou spotřebu elektrické energie a

dlouhou životnost. Jelikož není je to povinností udávat žádný ekologický parametr výroby zdroje, tak lidé nemají ani představu, jak je jejich výroba komplikovaná.

Jak už bylo zmíněno v předchozí kapitole, tak největší množství potřebných surovin bývá vytvářeno v Číně. Základním kamenem světelných diod je selen z monokrystalického křemíku. Následující vrstva musí být z velmi čistých materiálů, například v podobě InGaP nebo AlGaInP. Křemík získáváme z křemenného písku, jenž vzácné zeminy se získávají velmi drahé a zničí se tím velká plocha země. Více než 90 000 tun se vytváří v Číně, kde se také většina zpracuje. O následcích toby již bylo zmíněno, ale k výrobě je také zapotřebí velké množství energie, které se řeší místní výstavbou, především uhelných elektráren. V zemích, jako je Čína, se příliš nedbá na životní prostředí a není tomu jinak i u ovzduší. Nepoužívají u uhelných elektráren dostatečné filtry a následně tímto neohrožují jen blízké okolí [61].

Zpracovaná surovina jde dále do obchodu, nejprve do USA, případně států východní Asie. Kde následují energeticky náročné procesy a vytvářejí se z nich monokrystalové ve formě tenkých plátek. Následně je převezen na pevnost a dále je převezen na výrobu PN přechodu do jihovýchodní Asie. Hotové seleny diod putují opět na pevnost. Na selen je následně nanášena vrstva luminoforu, nejprve tomu tak je v Číně, kde probíhá i jeho výroba. Materiály pro krytí seleny jsou vyráběny a nanášeny v USA nebo Evropě (nejprve v Německu). Další optické komponenty se vyrábějí opět v Číně. Hotové seleny jsou pak distribuovány k zákazníkům po celém světě. Právě jednou z ekologicky nepřijatelných činností při výrobě je také přeprava samotné součástky. Často přepravou, kdy samotná světelná dioda obkrouží až 3krát Zemi, uniká do ovzduší a vod velké množství oxidů a jiných škodlivých látek [61].

5.6 Vliv oxidů na životní prostředí

Při spalování samotných materiálů, při provozu světelných zdrojů, při jejich přepravě a dalších jiných činnostech je zapotřebí nemalé množství energie. Jelikož se více než 60 % celosvětově vyrobené elektrické energie vyrobí v tepelných elektrárnách, například spalováním uhlí, uniká tak do ovzduší velké množství škodlivých látek. Spalováním vznikají oxidy dusíku a uhlíku a dochází tím tak k ohrožení ekosystému i ve vzdáleném okolí. Automobilová, letecká nebo lodní doprava nám do ovzduší produkuje oxid dusičitý, který způsobuje kyselý dešť. V předchozí kapitole bylo zmíněno, že oxidy vznikají již také při samotné přípravě materiálů, kdy se na uhlík nebo dusík naváže kyslík.

Některé vzniklé oxidy způsobují globální oteplování. Při inverzi zvyšují koncentraci škodlivých látek v ovzduší a velmi ohrožují lidské zdraví. Oxidy se absorpcí přes plíce dostávají do krve a tím tak do celého těla. Způsobují velmi závažná onemocnění dýchacích cest a mohou být i karcinogenní. Silná koncentrace ozonové vrstvy dráždí oči.

5.7 Emise z elektráren

Veškeré elektrárny na světě vyrábí elektrickou energii spalováním fosilních paliv, při kterém dochází k produkci emisí do ovzduší. Uhlé elektrárny zatím flují životní prostředí především oxidem siřičitým, oxidy dusíku a uhlíku, produkují také popílek do ovzduší.

5.7.1 Oxidy síry

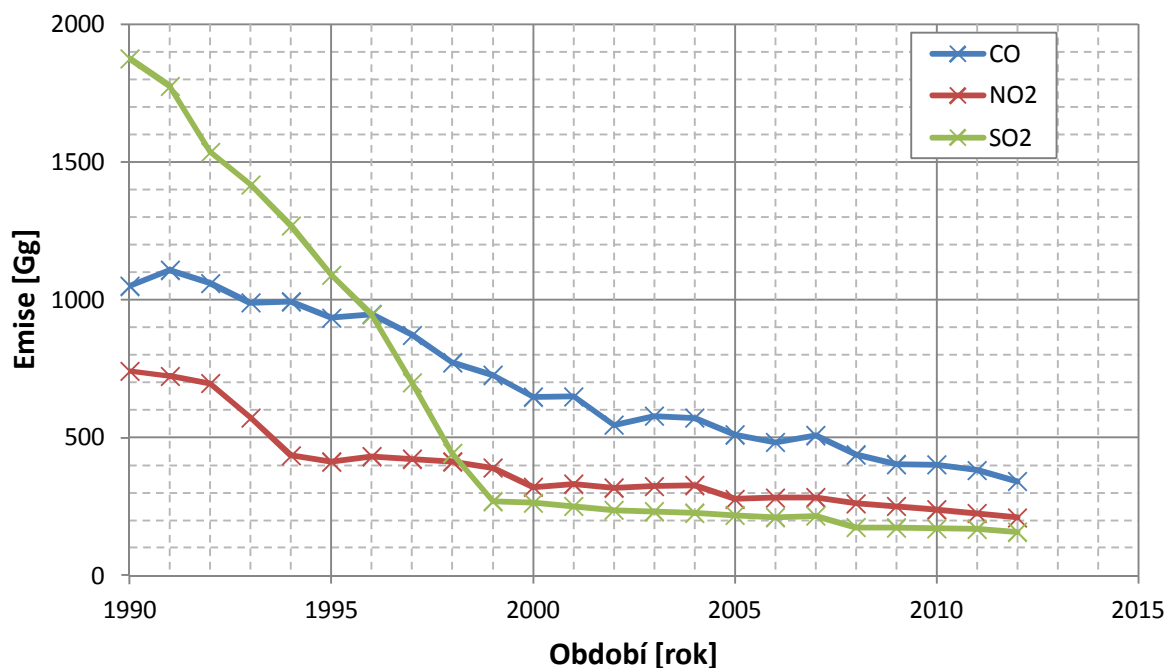
Nejškodlivější látky, které se dostávají spalováním paliv do ovzduší, jsou oxidy síry. V uhlí se sama síra vyskytuje v anorganických louspenkách, ale ve vztáhlém množství v organických sloučeninách. Z organických sloučenin se při spalování síra oxiduje na oxid siřičitý. Pro ochranu životního prostředí se používá odsíření kouřových plynů [62].

5.7.2 Oxidy dusíku

Spalováním uhlí dochází k uvolnění oxidu dusíku, označované jako NO_x , do ovzduší. V kotlích uhelných elektráren vzniká především oxid dusnatý, ze kterého vzniká oxid dusičitý NO_2 . Dále vznikají ještě oxid dusitý a dusičnany. Oxidy dusíku společně s oxidem siřičitým zvyšují svoje škodlivé účinky na lidské zdraví. Oxidy dusíku umíme snížit lepším spalováním a snížením spalovacích hodnot. Vhodným řešením je použití fluidních ohňů, snížíme tak teplotu spalování v rozmezí 800 až 900 °C a zároveň snížíme produkci emisí oxidu dusíku. Dalším vhodným snížením emisí je vložení katalyzátoru do kouřovodu, po redukci je pak výsledkem vznikajícího dusíku a vodní páry [62].

5.7.3 Oxidy uhlíku

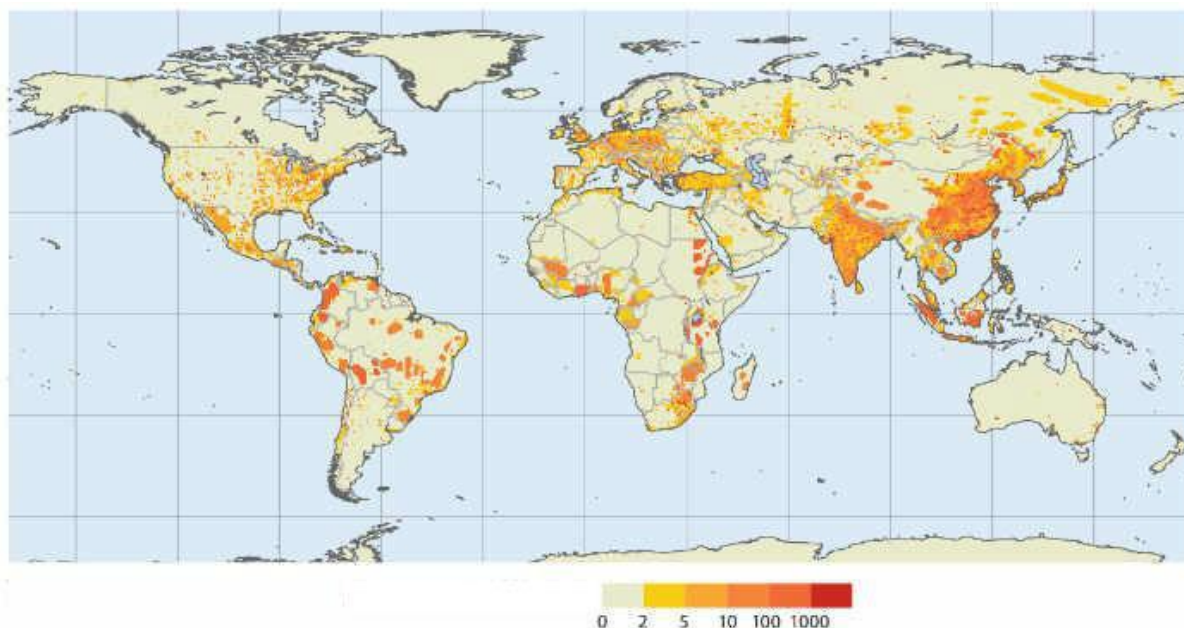
Spalováním fosilních paliv vznikají také oxidy uhlíku. Nejvíce zastoupení má oxid uhličitý, není považován za jedovatý plyn, ale je důležitým tvůrcem skleníkového efektu. Zvýšení jeho množství v atmosféře může způsobovat oteplování planety Země s dalšími vedlejšími efekty. V dnešní době nedokážeme úplně odstranit oxid uhličitý ze spalin. Snížit hodnoty CO_2 ve spalinách lze pouze dosažením kritických hodnot parametrů páry. Druhým podstatným oxidem je oxid uhelnatý, v emisích ze spalování paliv je ho podstatně méně. Oxid uhelnatý, oproti předchozímu oxidu uhličitému, můžeme optimálním spalováním snadno snížit [62].



Obr. 26: Emise CO, NO₂ a SO₂ v ČR podle údajů EMEP[63]

5.7.4 Popel

Spalováním uhlí vznikají mimo plyn i tuhé znečišťující látky (TZL), neboli popel. Uhlíkový popel obsahuje především oxidy křemíku, hliníku, železa, vápníku, titanu, thallia, sodíku, draslíku, arsenu, kadmia, rtuti a síry, ale také malé množství uranu a thoria. Přibližně 25 % veškerého popílku tvoří hrubý popel a struska s kousky o velikosti od 1 mm do 5 cm. Takto velké částice jsou zachycovány v dolní části ohniště pod spalovací komorou. Zbylých přibližně 75 procent tvoří částice menší než jeden milimetr, pro zachycování takto malých částic jsou použity drátové vysokonapávací elektrody, které přitahují částice pomocí elektrostatických sil. Filtry nedovedou zachytit asi 0,5 % z celkového množství popílku. V některých státech světa se ochranné filtry nepoužívají a nechrání tím tak životní prostředí. Ekosystém například v jihovýchodní Asii, což můžeme vidět na obrázku níže, kde jsou zobrazeny emise rtuti ve světě. Velmi podobné rozložení křivkových látek ve světě platí i pro ostatní složky emisí [62].



Obr. 27: Emise rtuti ve světové úrovni v roce 2010 [g/kg] [64]

5.7.5 Vliv světelných zdrojů na produkci emisí

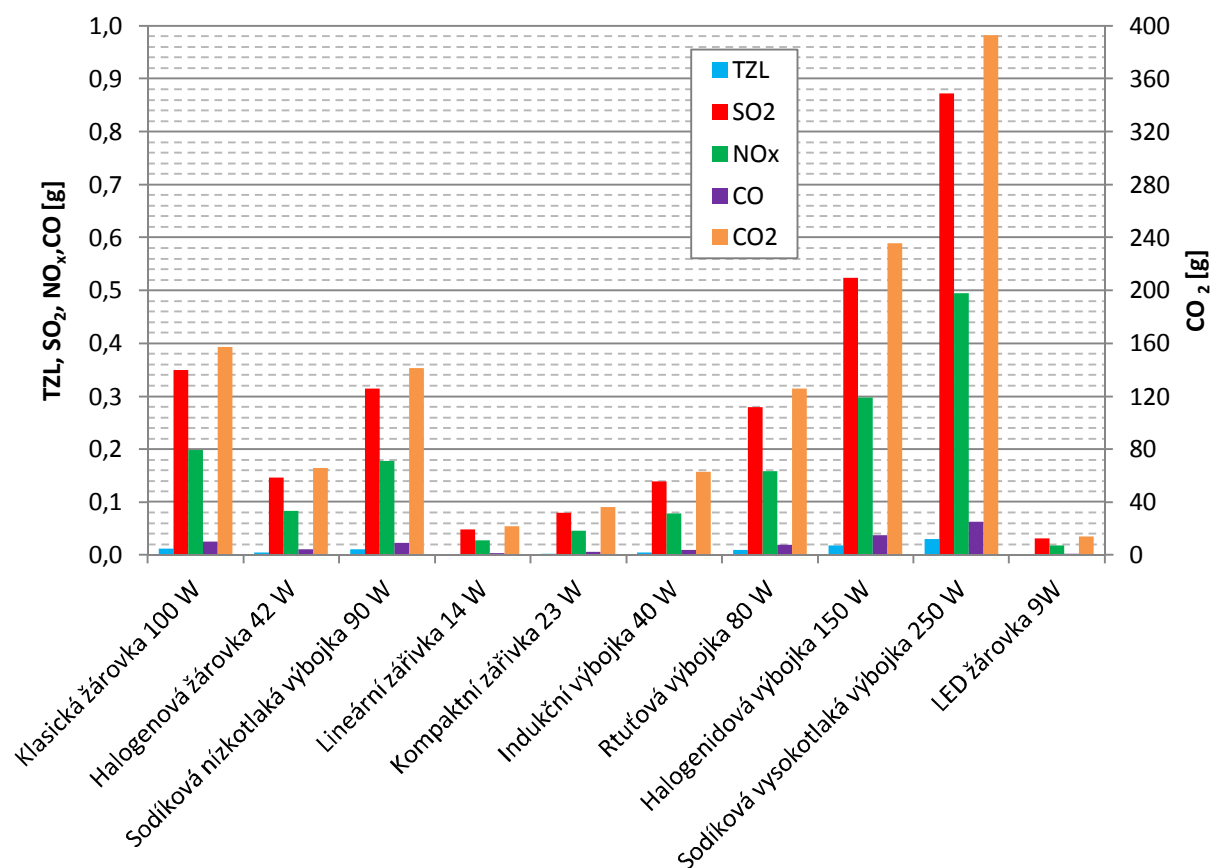
Každý elektrický spotřebič se podílí na tvorbě emisí produkovaných elektrárnami a není tomu jinak ani u světelných zdrojů. V následující tabulce jsou zobrazeny produkce jednotlivých emisí z tepelných elektráren společnosti EZ.

Tab 3: Emise z elektráren společnosti EZ pro rok 2013 [65]

Rok 2013	TZL	TZL	SO ₂	SO ₂	NO _x	NO _x	CO	CO	CO ₂	CO ₂
Elektrárna	[kg/GJ]	[g/kWh]	[kg/GJ]	[g/kWh]	[kg/GJ]	[g/kWh]	[kg/GJ]	[g/kWh]	[kg/GJ]	[g/kWh]
Mělník 3	0,012	0,043	0,173	0,623	0,120	0,432	0,004	0,014	92,969	334,661
Pruněřov 2	0,011	0,040	0,187	0,673	0,149	0,536	0,010	0,036	93,453	336,403
Tušimice	0,005	0,018	0,038	0,137	0,067	0,241	0,024	0,085	97,138	349,668
Pruněřov 1	0,004	0,014	0,090	0,324	0,095	0,342	0,025	0,089	90,361	325,272
Mělník 2	0,010	0,036	0,313	1,127	0,140	0,504	0,013	0,046	95,187	342,645
Ledvice 2	0,008	0,029	0,511	1,839	0,176	0,634	0,006	0,021	95,223	342,774
Ledvice 3	0,005	0,018	0,153	0,551	0,077	0,277	0,002	0,007		
Tisová 2	0,002	0,007	0,397	1,429	0,106	0,382	0,041	0,146	91,933	330,931
Tisová 1	0,009	0,032	0,151	0,544	0,076	0,274	0,006	0,021		
Poříčí 2	0,007	0,025	0,134	0,482	0,075	0,270	0,009	0,032	70,863	255,086
Hodonín	0,005	0,018	0,211	0,760	0,051	0,184	0,014	0,050	53,917	194,085
Počerady	0,006	0,022	0,098	0,353	0,168	0,605	0,025	0,089	88,149	317,310
Dětmarovice	0,004	0,014	0,064	0,230	0,130	0,468	0,005	0,018	90,756	326,694
Průměr	0,007	0,024	0,194	0,698	0,110	0,396	0,014	0,050	87,268	314,139

Zprůměrných hodnot emisí v tabulce tak můžeme početně i graficky určit podíl vyprodukovaných emisí jednotlivých světelných zdrojů do životního prostředí. V následujícím grafickém zobrazení je vidět, že LED žárovky a lineární zářivky švyprodukují podstatně méně

zplodin, neřl ostatní sv telné zdroje. Toto pravidlo v–ak platí, jen pro pr b h uřlívání zdroje, není zde zapo řtána produkce emisí p i výrob .



Obr. 28: Mnořstevní podíl sv telných zdroj ů na produkci emisí do ovzdu ří za 5 h jejich funkce

6 POSTZPRACOVÁNÍ SVĚTELNÝCH ZDROJŮ

6.1 Ochrana životního prostředí před světelnými zdroji

Snad jedinou možností, jak chránit životní prostředí, je v tiché ochota lidí odnést vysloužilý světelný zdroj na příslušné místo. Vhodná místa jsou například sběrné dvory v obcích, kontejnery určené výhradně pro světelné zdroje, kterých je na našem území neustále více. Světelný zdroj je možno odevzdat v místě nákupu světelného zdroje. Velké množství obchodníků zatím odebrá nefunkční světelný zdroj jen v případě, že si u nich zakoupíte nový, čímž však porušuje zákon. Zákazník by měl mít právo odevzdat výrobek bez ohledu na to, zda si zakoupí nový.

Po ty recyklovatelné zdroje jsou velmi malé. Uvádí se, že z veškerého osvětlení a přemyslu se recykluje více než 90 % (některé zdroje uvádějí až 100 %) nefunkčních světelných zdrojů. U domácností jsou tato čísla razantně menší, odhaduje se asi 20 % (některé optimistické odhady jsou až 40 %) nefunkčních zdrojů. Zbývající procenta končí v komunálním odpadu nebo na nelegálních skládkách. A tak velké množství skla, kovů, toxických a jiných látek představuje pro životní prostředí obrovskou zátěž, především až 75 kg toxické rtuti. Z jedné úsporné zářivky rtuti znečistí odhadem 10 000 litrů pitné vody. Odhadem by 75 kg rtuti znečistilo pět vodních nádrží Lipno nebo 200 brněnských přepraďů [66].

Mohla by pomoci lidem, kdyby dostali více návodů doma, jak jsou látky škodlivé uvnitř světelného zdroje. Již v kapitole o chemických látkách bylo zmíněno o jednom označení, a to například na obalu varující symboly před nebezpečnými chemickými látkami. Tímto označením by informovalo hned uživatele o jejich nebezpečnosti v prodejně. Vedle symbolů by zde mohlo být i informováno o jejich přesném chemickém složení jak bývá uvedeno například na potravinách.



Obr. 29: Klasický obal LED žárovky (převzato z [67])



Obr. 30: Obal LED žárovky s výstražným označením [67]

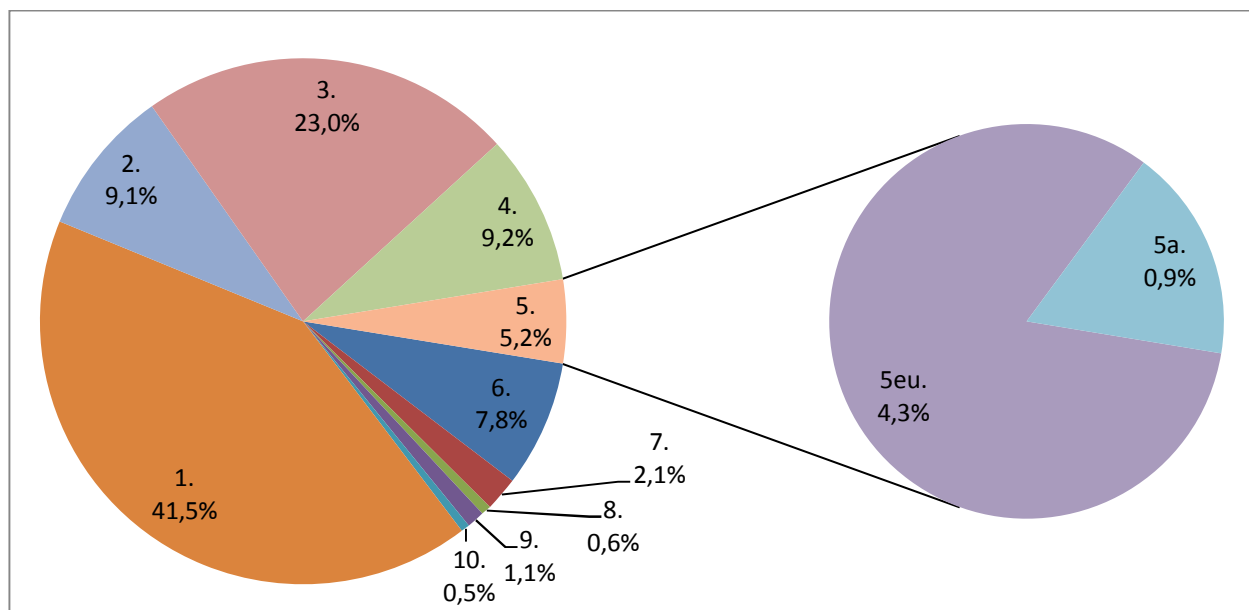
6.2 Postzpracování svítelných zdroj

Svítelné zdroje mají svoje místo i v odpadovém hospodářství, v odpadních elektrických a elektronických zařízeních ve skupině 5. Skupina 5 je zaměřena na veškerou osvětlovací techniku tedy i svítidla. Proto tato skupina má dvě podskupiny s označením 5eu, která je pro svítidla a 5a určenou jen pro svítelné zdroje. Celkem je deset odpadových skupin pro elektrická a elektronická zařízení.

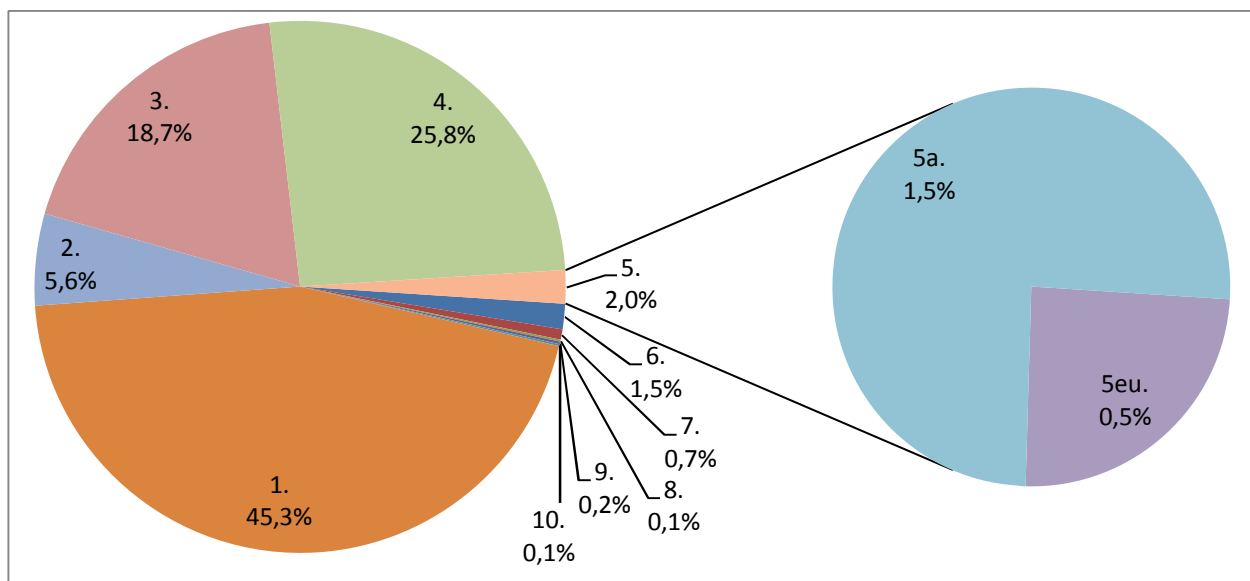
Tab 4: Odpadové skupiny EEZ [68]

Skupina	Název skupiny
1.	Velké domácí spotřebiče
2.	Malé domácí spotřebiče
3.	Zařízení informačních technologií a telekomunikační zařízení
4.	Spotřebitelské zařízení a solární panely
5.	Osvětlovací zařízení
5eu.	Svítidla
5a.	Svítelné zdroje
6.	Elektrické a elektronické nástroje (s výjimkou velkých stacionárních průmyslových nástrojů)
7.	Vybavení pro volný čas a sporty
8.	Lékařské přístroje s výjimkou vdech implantovaných a infikovaných výrobků
9.	Přístroje pro monitorování a kontrolu
10.	Výdejní automaty

V následujícím grafickém zobrazení je znázorněno množství elektrických a elektronických zařízení uvedeného na trh a množství způsobilého odběru.

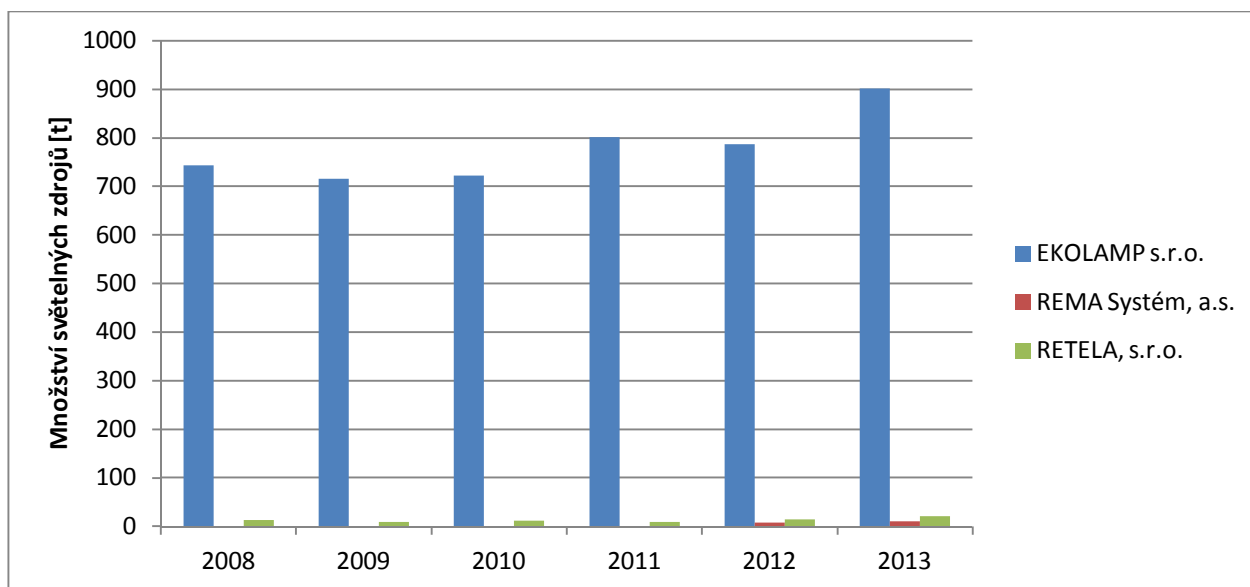


Obr. 31: Hmotnostní množství EEZ uvedeného na trh [68]



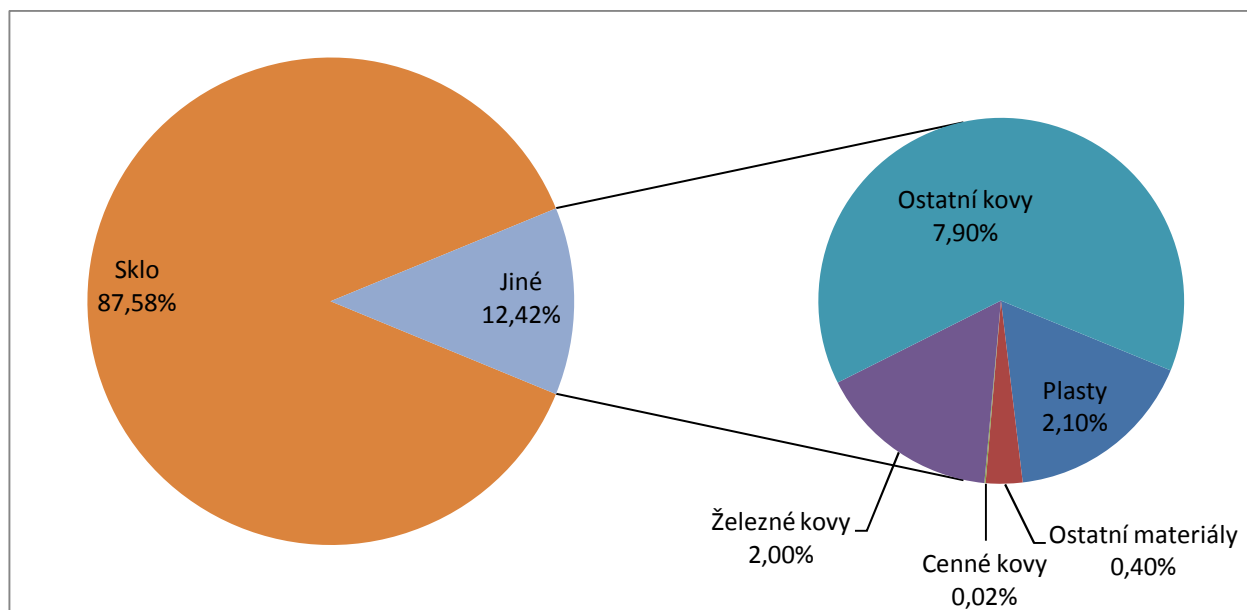
Obr. 32: Hmotnostní množství způsoby odebraného EEZ [68]

V České republice máme momentálně tři kolektivní systémy zajišťující sběr světelných zdrojů, nejvýše z nich EKOLAMP s.r.o., zaměřující se pouze na osvětlovací zařízení, který v roce 2013 sesbíral 901,846 tun světelných zdrojů, což je téměř 98 % způsobem odebraných světelných zdrojů v celé ČR. Dále následuje RETELA, s.r.o. a REMA Systém, a.s.. Níže v grafickém zobrazení je vidět dominující množství způsobem odběru společnosti EKOLAMP v každém zobrazeném roce.



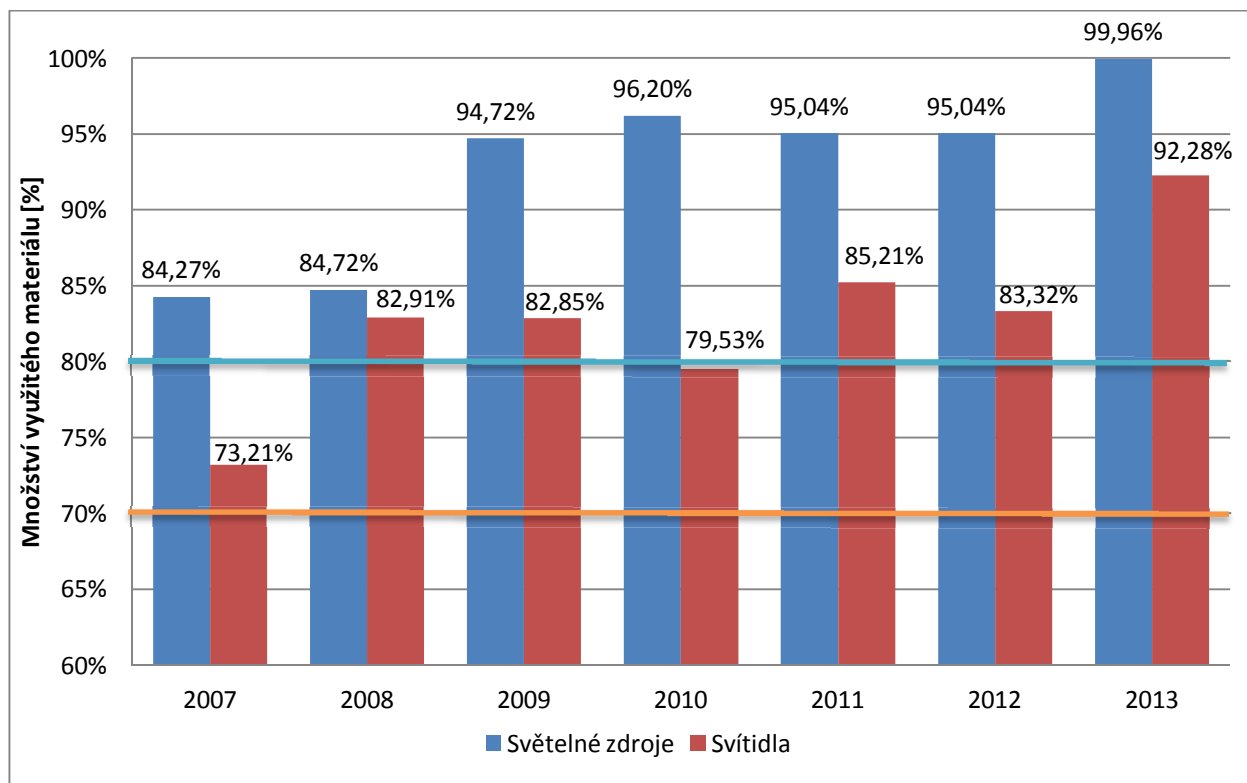
Obr. 33: Množství způsobem odebraných světelných zdrojů v daném roce určité společnosti [69], [70]

Kolektivní systémy pak vybírají příslušné firmy, které sváží světelné zdroje do zpracovatelských podniků. Zde by se měly co nejvíce ekologicky rozebrat a roztržít na jednotlivé materiály. Na obrázku níže je vidět poměr recyklovatelných materiálů ze světelných zdrojů, nejvíce se vytváří skleněného materiálu.

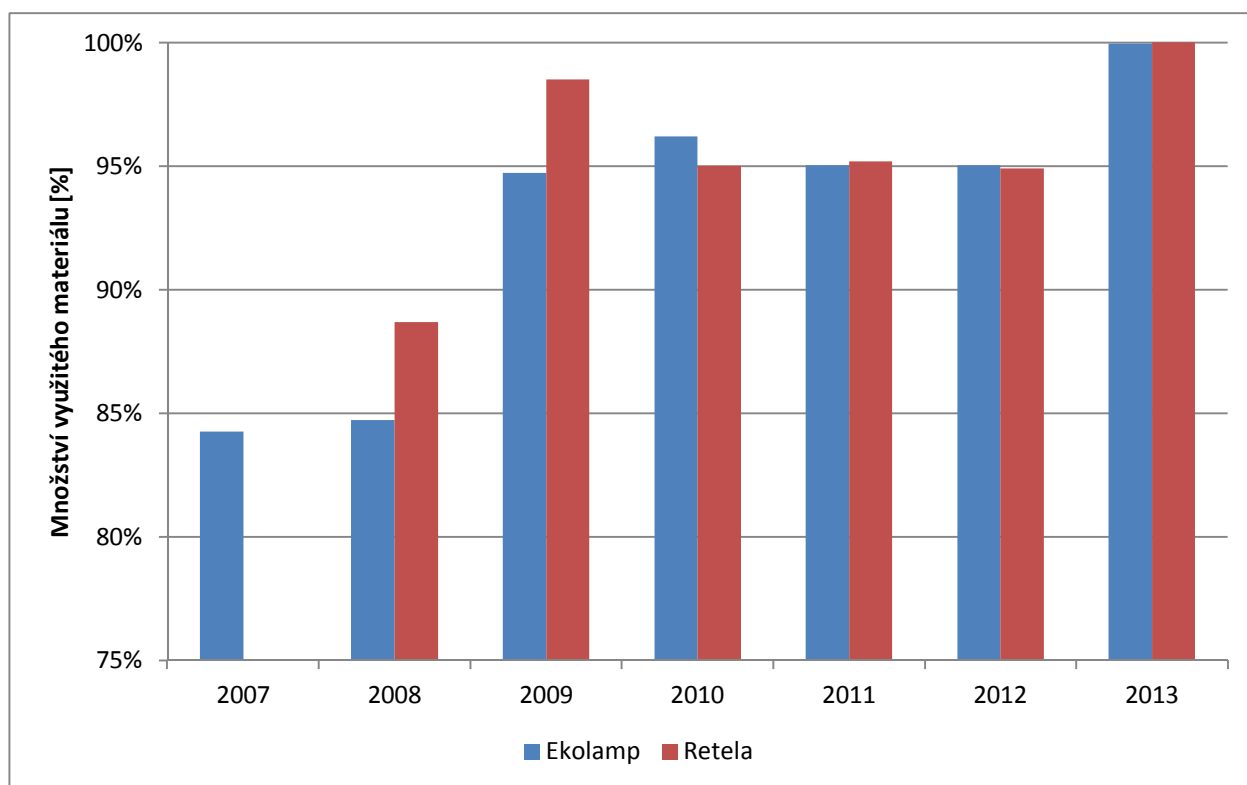


Obr. 34: Složení zpracovaných sv. telných zdroj v roce 2013 firmy REMA Systém, a.s. [70]

Zpracovatelské firmy a kolektivní systémy mají danou hranici legislativou, pro minimální množství recyklovaného materiálu, které se může využít pro další vhodné účely. Hranice dalšího materiálového využití pro sv. telné zdroje je 80 % a pro svítidla je 70 %. Pro názorné zobrazení je nejvhodnější použít data dominující společnosti EKOLAMP. Z obrázku je zřejmé, že postupem času se technologie zdokonalují a pro další využití je možno použít více materiálu. V roce 2013 využití materiálu ze sv. telných zdroj dosahovali téměř hranice 100 %.

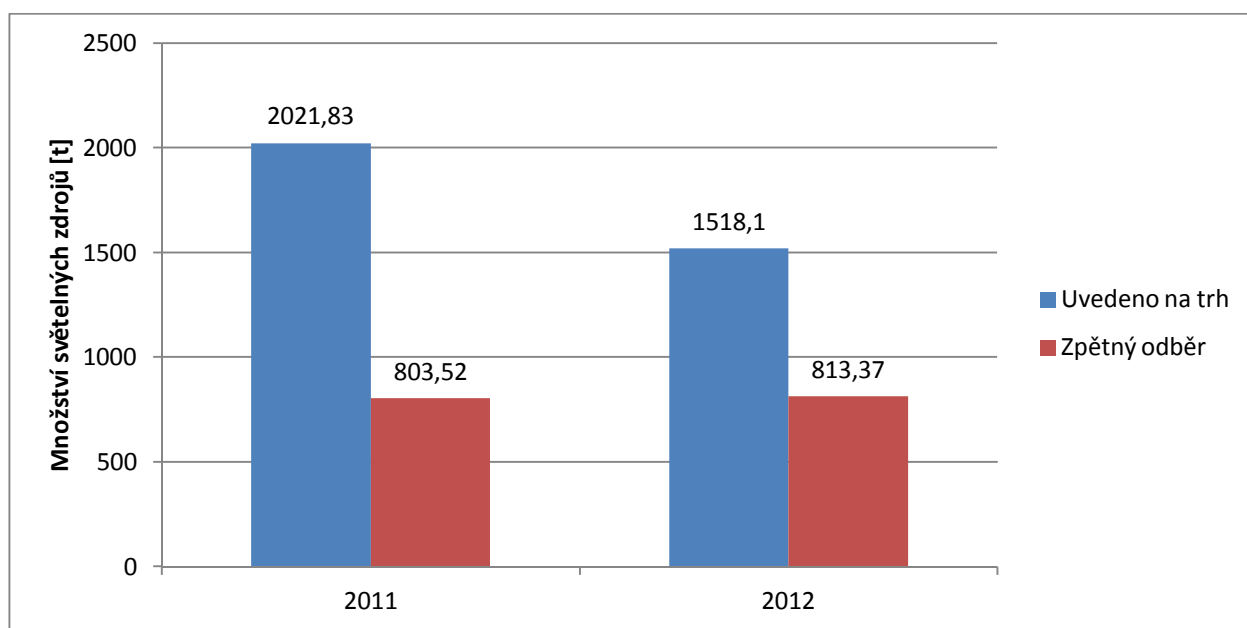


Obr. 35: Materiálové využití společnosti EKOLAMP s.r.o. [69]



Obr. 36: Srovnání materiálového využití společností EKOLAMP a RETELA [69]

Kolektivní systémy mají uzavřené smluvní vztahy s prodejci sv. telných zdroj, kteří jim musí hlásit po ty prodaných zdroj. A za každý prodaný sv. telný zdroj inkasuje kolektivní systém finanční částku na recyklaci. Každé takovéto spojení je cílem zmenšovat rozestup mezi prodanými a zp. tn. vybranými sv. telnými zdroji.



Obr. 37: Množství zdrojů uvedených na trh a zp. tn. odebraných společnostmi EKOLAMP [68]

7 ZÁV R

Tato práce byla vytvořena za účelem popisu vlivu prudce se rozvíjejících světelných zdroj na životní prostředí a upozornit tak na nepříliš ekologickou výrobu. Stále ještě jsou používány modernější zdroje s vylepšenými světelnými-technickými parametry a nízkou spotřebou elektrické energie, lidé je tak často označují za tzv. zelené světelné zdroje. Bohužel se stále používají nové, drahé a toxické materiály. Tímto způsobem materiál zatíží životní prostředí, problematičtěji se vyrábí a recyklují a vznikají při nich emise.

Přínosem této bakalářské práce by mělo být teoretické seznámení se světelnými zdroji a použitými chemickými látkami. Tento přínos by měl vést, v následujících krocích, k vhodnému řešení, jak seznámit uživatele světelných zdrojů s ekologickou náročností výroby, použitím a postzpracováním jejich zakoupených produktů. Vhodným řešením by bylo navrhnout určitou tabulkovou veličinu, která by zahrnovala veškerou náročnost výroby, zničenou přírodu, narušený ekosystém, ale také její náročnost na recyklaci. Zakoupený produkt by měl mít i vhodné označení, které určuje část tohoto světelného zdroje je recyklována a ulevuje tak přírodnímu zatížení. Navrnutí takovéto veličiny bude velmi složitá a bude zapotřebí zapojit do této práce odborníky z oboru chemie. Podle mého názoru by tato veličina stejně nepokryla stoprocentní újmu v životním prostředí, ale přispěla by tak k objektivnějšímu představení o ekologické náročnosti výroby.

Dalším a další faktorem, co by se mělo zlepšit, tak je zvýšení podílu světelných zdrojů odevzdaných k recyklaci z domácností. Navrhnout ideální řešení, aby to lidi donutilo jít už nepoužitelný světelný zdroj odnést do sběrného dvora nebo vrátit do příslušné prodejny. Nabízí se zde dva řešení, například zavést vratnou zálohu na světelné zdroje nebo poskytnout zákazníkovi slevu při koupi nového světelného zdroje nebo jiného výrobku v obchodě. Druhá zmíněná varianta se mi zdá asi nejvhodnějším řešením a určit by se dala velmi rychle praktikovat do reality, ale způsob pro řešení tohoto problému je více. Ke zvýšení podílu odevzdaných světelných zdrojů může přispět i jednoduché připomenutí, že světelný zdroj obsahuje nebezpečné látky, přidáním upozorujících prvků na obalové materiály jak je uvedeno v této práci.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] SOKANSKÝ, Karel, Tomáš NOVÁK, Marek BÁLSKÝ, Zdeněk BLÁHA, Zbyněk CARBOL, Daniel DIVÍŇ, Blahoslav SOCHA, Jaroslav ŽNOBL, Jan ŽUMPICH a Petr ZÁVADA. *Světelná technika*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 255 s. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [2] DVOŘÁK, Vladimír. Světelné zdroje - obyčejné žárovky. *Světlo* [online]. 2008, . 04 [cit. 2014-10-17]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetelne-zdroje-%E2%80%93-obycejne-zarovky-37590.html#>
- [3] Světelné zdroje | obyčejné žárovky. *EARCH* [online]. 2008 [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://www.earch.cz/cs/svetelne-zdroje-obycejne-zarovky>
- [4] DVOŘÁK, Vladimír. Světelné zdroje . halogenové žárovky. *Světlo* [online]. 2008, . 05 [cit. 2014-10-17]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetelne-zdroje-%E2%80%93-halogenove-zarovky-37973.html>
- [5] DVOŘÁK, Vladimír. Světelné zdroje - nízkotlaké sodíkové výbojky. *Světlo* [online]. 2009, . 06 [cit. 2014-10-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetelne-zdroje-%E2%80%93-nizkotlake-sodikove-vybojky-40237.html>
- [6] Dnešní světelné zdroje ve veřejném osvětlení. *CNE* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.cne.cz/verejne-osvetleni/cesty-k-usporam-verejne-osvetleni/svetelne-zdroje/>
- [7] DVOŘÁK, Vladimír. Světelné zdroje . lineární zářivky. *Světlo* [online]. 2008, . 02 [cit. 2014-10-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetelne-zdroje-%E2%80%93-linearni-zarivky-37032.html>
- [8] SVĚTLNÉ ZDROJE: lineární zářivky. *Elektrika.cz* [online]. 2009 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/svetelne-zdroje-linearni-zarivky>
- [9] NEWMOA. *MERCURY USE IN LIGHTING: IMERC Fact Sheet Mercury Use in Lighting* [online]. 2010 [cit. 2014-12-03]. Dostupné z: <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/lighting.cfm>
- [10] DVOŘÁK, Vladimír. Světelné zdroje . kompaktní žárovky. *Světlo* [online]. 2008, . 03 [cit. 2014-10-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetelne-zdroje-%E2%80%93-kompaktni-zarivky-37410.html>
- [11] Světelné zdroje - kompaktní zářivky. *EARCH* [online]. 2008 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.earch.cz/cs/svetelne-zdroje-kompaktni-zarivky>
- [12] DVOŘÁK, Vladimír. Světelné zdroje - indukční výbojky. *Světlo* [online]. 2009, . 04 [cit. 2014-10-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetelne-zdroje-%E2%80%93-indukcni-vybojky-39389.html>
- [13] DVOŘÁK, Vladimír. Světelné zdroje - vysokotlaké sodíkové výbojky. *Světlo* [online]. 2009, . 03 [cit. 2014-10-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetelne-zdroje-%E2%80%93-vysokotlake-sodikove-vybojky-39197.html>
- [14] Přehled výbojek. *LMS Software* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://mylms.cz/text-prehled-vybojek/>
- [15] DVOŘÁK, Vladimír. Světelné zdroje - halogenidové výbojky. *Světlo* [online]. 2009, . 1 [cit. 2014-10-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetelne-zdroje-%E2%80%93-halogenidove-vybojky-cast-1-38556.html>
- [16] DVOŘÁK, Vladimír. Světelné zdroje . vysokotlaké rtuťové výbojky, směsové výbojky. *Světlo* [online]. 2008, . 06 [cit. 2014-10-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetelne-zdroje-%E2%80%93-vysokotlake-rtutove-vybojky-smesove-vybojky-38296.html>

- [17] Fotogalerie - Světelné zdroje . vysokotlaké rtuťové výbojky, směšované výbojky. 4-construction [online]. 2007 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.4-construction.com/cz/magazin/obrazky/svetelne-zdroje-vysokotlake-rtutove-vybojky-smesove-vybojky/2097/>
- [18] PARMA, Mikuláš. Indukční výbojky, tzv. plazmové světelné zdroje. Světlo [online]. 2011, . 05 [cit. 2014-10-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/indukcni-vybojky-tzv-plazmove-svetelne-zdroje-44766.html>
- [19] DVOŘÁK, Vladimír. Světelné zdroje - světelné diody. Světlo [online]. 2009, . 05 [cit. 2014-10-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetelne-zdroje-%E2%80%93-svetelne-diody-39810.html>
- [20] Žárovky skončily. Vyměnit za úsporku nebo LEDku? STAVEBNICTVI3000.cz [online]. 2013 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zarovky-skoncily-vymenit-za-usporku-nebo-ledku/>
- [21] Periodická tabulka: Wolfram [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/74.html>
- [22] Periodická tabulka: Molybden [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/42.html>
- [23] Periodická tabulka: Hliník [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/13.html>
- [24] WIKIPEDIE. Protržení hráze odkaliště u Ajky [online]. 2014 [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Protr%C5%BEen%C3%AD_hr%C3%A1ze_odkali%C5%A1t%C4%9B_u_Ajky
- [25] REUTERS. Maďarské obce cítí rok po tsunami rudého kalu smutek i vztek [online]. 2011 [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: http://zpravy.idnes.cz/madarske-obce-citi-rok-po-tsunami-rudeho-kalu-smutek-i-vzteky-pq9-/zahranicni.aspx?c=A111004_182952_zahranicni_ip
- [26] Železo. Periodická tabulka [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/26.html>
- [27] Periodická tabulka: Měď [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/29.html>
- [28] RODRIGEZ LADO, L., T. HENGL a H.I. REUTER. Heavy metals in European soils: a geostatistical analysis of the FOREGS Geochemical database. European Soil Portal [online]. 2008 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/foregshmc/>
- [29] Periodická tabulka: Zinek [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/30.html>
- [30] Periodická tabulka: Kadmium [online]. [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/48.html>
- [31] Periodická tabulka: Sodík [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/11.html>
- [32] METALPRICES.COM. Mercury [online]. Basalt (USA), 2013 [cit. 2014-12-04]. Dostupné z: <http://www.metalprices.com/metal/mercury/mercury-99-99-usa>
- [33] Periodická tabulka: Rtuť [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/80.html>
- [34] Periodická tabulka: Indium [online]. [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/49.html>
- [35] Periodická tabulka: Gallium [online]. [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/31.html>
- [36] Periodická tabulka: Nikl [online]. [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/28.html>
- [37] Periodická tabulka: Niob [online]. [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/41.html>
- [38] Periodická tabulka: Arsen [online]. [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/33.html>
- [39] Periodická tabulka: Neon [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/10.html>
- [40] Periodická tabulka: Argon [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/18.html>
- [41] Periodická tabulka: Krypton [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/36.html>

-
- [42] *Periodická tabulka: Xenon* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/54.html>
 - [43] Oxid hliníka (korund - Al₂O₃). *MatNet* [online]. 2006 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=292>
 - [44] *LB MINERALS* [online]. 2014 [cit. 2014-12-03]. Dostupné z: <http://www.lb-minerals.cz/cz/produkty/3-zivce/9-sodno-vapenate> *Periodická tabulka: Jod* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/53.html>
 - [45] WIKIPEDIE. *Korund* [online]. 2014 [cit. 2014-12-03]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Korund>
 - [46] *Periodická tabulka: Jod* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/53.html>
 - [47] *Periodická tabulka: Brom* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/35.html>
 - [48] *Periodická tabulka: Chlor* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/17.html>
 - [49] *Periodická tabulka: Skandium* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/21.html>
 - [50] *Periodická tabulka: Yttrium* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/39.html>
 - [51] *Periodická tabulka: Thorium* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/90.html>
 - [52] *Periodická tabulka: Baryum* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/56.html>
 - [53] ANONYMOUS. Bezpečnostní klasifikace. *Referáty-seminárky.cz* [online]. 2008 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Bezpečnostní_klasifikace
 - [54] *Arnika* [online]. 2014 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://arnika.org/>
 - [55] *Wikipedie* [online]. 2014 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavní_strana
 - [56] Výstražné symboly. *Envigroup* [online]. 2008 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://www.envigroup.cz/www/podnikova-ekologie/chlp/symboly.html>
 - [57] Dopady životního prostředí na životní prostředí. CEE BANKWATCH NETWORK A CENTRUM PRO DOPRAVU A ENERGETIKU. *CEE bankwatch network* [online]. [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: http://bankwatch.org/documents/extractives_mining_CZ.pdf
 - [58] HRNÍČEK, Bohumil. Výrobky světelné techniky jako zdroje odpadů s obsahem rtuti. *Elektro* [online]. ročník 2001, číslo 03 [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/vyrobky-svetelne-techniky-jako-zdroje-odpadu-s-obsahem-rtuti-23865.html>
 - [59] *ARNIKA: Rtuť, životní prostředí a zdraví* [online]. 2014 [cit. 2014-12-01]. Dostupné z: <http://arnika.org/rtut-a-zdravi>
 - [60] UNEP. *GreenFacts: Mercury* [online]. 2014 [cit. 2014-12-01]. Dostupné z: <http://www.greenfacts.org/en/mercury/l-2/mercury-2.htm#>
 - [61] KRBAL, Michal, Petr BAXANT, Marie ISKANDIROVÁ, Jan KODA a Stanislav SUMEC. Komplexní dopady světelných zdrojů na životní prostředí. *Technika osvětlování XXVI*. 2014.
 - [62] Fosilní paliva versus životní prostředí. *Jaderná energie a ekologie* [online]. 2014 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.ekologie-energie.cz/fosilni-paliva.htm>
 - [63] *EMEP* [online]. 2015 [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: http://webdab.umweltbundesamt.at/cgi-bin/webd2_controller.pl
 - [64] Mercury Emissions: The Global Context. *EPA* [online]. 2014 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www2.epa.gov/international-cooperation/mercury-emissions-global-context#>
 - [65] Emisní faktory pro účely zpracování energetického auditu a energetického posudku. *EZ* [online]. 2015 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/odpovedna-firma/zivotni-prostredi/emisni-faktory-pro-ucely-zpracovani-energetickeho-audit-u-a-energetickeho-posudku.html>

-
- [66] CHMELA, Radoslav. Na skládkách končí zedesát procent úsporek%*Elektro* [online]. 2012, . 8 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Elektro/2012/08/Elektro_08_2012_output/web/Elektro_08_2012_opf_files/WebSearch/page0042.html
- [67] LED žárovka BEN Electronic LED S LINE MINI GL.2,5W E27WW. *Kasa.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.kasa.cz/led-zarovka-ben-electronic-led-s-line-mini-gl-2-5w-e27ww/>
- [68] Vybrané ukazatele odpadového hospodářství v oblasti odpadních elektrických a elektronických zařízení. In: *Ministerstvo Životního prostředí* [online]. 2014 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadni_elektronicka_zarizeni_nakladani_cr/\\$FILE/ODP-vybrane_ukazatele_elektrozarizeni-2014922.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadni_elektronicka_zarizeni_nakladani_cr/$FILE/ODP-vybrane_ukazatele_elektrozarizeni-2014922.pdf)
- [69] Dokumenty společnosti. *Ekolamp* [online]. 2014 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.ekolamp.cz/cz/ke-stazeni/dokumenty-spolecnosti#>
- [70] KE STAŽENÍ. *REMA* [online]. 2014 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.remasystem.cz/index.php/cz/ke-stazeni.html>